Niveau(x) d'enseignement: 4 Numéro EDUQ : 0870300
Centre d'intérêt: 874

Labonté, Pierre.

Le développement de la capacité de visualisation spatiale de l'étudiant : un élément essentiel de formation en dessin technique / par Pierre Labonté. -- [Trois-Rivières?] : P. Labonté, 1985.
vi, 109 f. ; 28 cm.

Résumé au début du v. "Rapport de recherche présenté à l'Université du Québec à Trois-Rivières. Programme de maîtrise en éducation".
Bibliogr.: f. 86-94.

Vedette(s)-secondaire(s): Université du Québec à Trois-Rivières

Descripteur(s): Techniques physiques * Méthode d'enseignement * Géométrie * Perception * Développement cognitif * Secondaire (Ordre d'enseignement)

Identificateur(s) de sujet: Dessin technique * Perception spatiale * Image mentale

La recherche porte sur l'élaboration d'un modèle d'enseignement de la géométrie projective et ses applications descriptives. Le modèle suggéré vise à faciliter l'acquisition d'habiletés spatiales qu'exige la pratique professionnelle de la spécialité "dessin technique". L'auteur procède d'abord à une étude assez générale du phénomène de la connaissance, notamment aux niveaux des processus inhérents à la perception, à l'imagerie mentale et au traitement de l'information, puis analyse les théories traitant des processus cognitifs en opération lors d'activités de visualisation et les variables qui en influencent le développement. Cette analyse mène à la conclusion que le développement global de la capacité de visualisation spatiale d'objets en mouvement est le résultat de la conjonction de trois habiletés distinctes, ordonnées et non-permutables: 1. l'habileté à générer une image mentale; 2. celle consacrée au maintien de la vivacité de cette image dans la mémoire à court terme; 3. et, finalement, l'habileté spécialisée pour les opérations de manipulation et de transformation de l'image mentale générée. Le modèle d'enseignement proposé vise les développement de ces trois habiletés.

Type de document: r

EDUQ 85-0300

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

LE DÉVELOPPEMENT DE LA CAPACITÉ DE VISUALISATION SPATIALE DE L'ÉTUDIANT: UN ÉLÉMENT ESSENTIEL DE FORMATION EN DESSIN TECHNIQUE

par

PIERRE LABONTÉ

Programme de maîtrise en éducation

Rapport de recherche

Présenté à

L'Université du Québec à Trois-Rivières

SEPTEMBRE 1985

EDUQ 8870300

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

LE DÉVELOPPEMENT DE LA CAPACITÉ DE VISUALISATION SPATIALE DE L'ÉTUDIANT: UN ÉLÉMENT ESSENTIEL DE FORMATION EN DESSIN TECHNIQUE

par

PIERRE LABONTÉ

Programme de maîtrise en éducation

Rapport de recherche

Présenté à

L'Université du Québec à Trois-Rivières

SEPTEMBRE 1985

Université du Québec à Trois-Rivières

Fiche-résumé de travail de recherche de 2e cycle

☐ Mémoire
☒ Rapport de recherche
☐ Rapport de stage

Nom du candidat: Pierre Labonté

Diplôme postulé: Maîtrise en éducation (M. ed.)

Nom du directeur de recherche: Jacques Héroux

Nom du co-directeur de recherche (s'il y a lieu):

Titre du travail de recherche: Le développement de la capacité de visualisation spatiale de l'étudiant; un élément essentiel de formation en dessin technique

Résumé:★

La présente recherche porte essentiellement sur l'élaboration d'un modèle d'enseignement de la géométrie projective et ses applications descriptives. Le modèle suggéré vise à faciliter l'acquisition d'habiletés spatiales qu'exige la pratique professionnelle de la spécialité "dessin technique". Le cadre conceptuel qui supporte le modèle proposé est élaboré à partir de plusieurs théories de la cognition spatiale qui trouvent leur application dans la géométrie descriptive. L'analyse des théories traitant des processus cognitifs en opération lors d'activités de visualisation et des variables qui en influencent le développement n'a été possible qu'après une étude plus générale du phénomène de la connaissance, tout spécialement aux niveaux des processus inhérents à la perception, à l'imagerie mentale, et au traitement de l'information. Il est apparu nécessaire de procéder de la sorte à cause de la nature toute particulière de cette recherche, qui chevauche simultanément sur trois champs disciplinaires différents; c'est-à-dire ceux (1) de la psychologie cognitive, (2) des modèles éducationnels, et (3) du dessin technique. Cette analyse a permis de dégager un consensus relativement large au niveau des théories étudiées à savoir que: (1) l'imagerie mentale est le reflet interne des activités de la perception; (2) elle en partage les mêmes processus cognitifs; et (3) est régie par des stades de développement dont la progressivité et les composantes sont similaires à ceux de la perception. Ces variables développementales ainsi que leur ordre d'apparition et de maîtrise constituent la ligne directrice des stratégies d'enseignement développées et proposées par le modèle. Leur étude a mené à la conclusion que le développement global de la capacité de visualisation spatiale d'objets en mouvement est le résultat de la conjonction de trois habiletés distinctes, ordonnées, et non-permutables: (1) l'habileté à générer une image

★ *Le résumé doit être dactylographié à double interligne*

mentale; (2) celle consacrée au maintien de la vivacité de cette image dans la mémoire à court terme; et finalement (3) l'habileté spécialisée pour les opérations de manipulation et de transformation de l'image mentale générée. Le modèle d'enseignement proposé vise le développement de ces trois habiletés sous-jacentes à la visualisation. A chacune d'entre elles correspondent des stratégies d'enseignement et des exercices pratiques qui visent leur développement respectif. Leur mise en application est relativement simple et peut facilement s'intégrer aux programmes actuels.

Pierre Labonté
Signature du candidat
Date: 28 mai 1985

Jacques Hérous
Signature du directeur de recherche
Date: 31 mai 1985.

Signature du co-auteur (s'il y a lieu)
Date:

Signature du co-directeur (s'il y a lieu)
Date:

AVANT-PROPOS

Ce Rapport de recherche constitue la synthèse de l'activité "Rapport de recherche". Cette dernière s'inscrit dans le cadre du programme de maîtrise en éducation, option enseignement, offert à l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Elle se situe dans le prolongement (1) de l'activité "Projet spécial 1", qui a consisté à cerner le champ de recherche et à identifier des auteurs pertinents, et (2) de l'activité "Projet spécial 2", qui a été entièrement consacrée à l'étude approfondie des théories retenues pour ensuite les adapter et les intégrer dans un modèle préliminaire d'enseignement, qui a servi de fondement de départ à la présente recherche.

Ces trois activités ont ainsi été regroupées en un seul bloc de recherche totalisant 18 crédits, c'est-à-dire l'équivalent de 40% du programme. Dès le départ, cette façon de procéder avait été fortement conseillée à l'auteur, de par la nature tout à fait particulière de la recherche qu'il avait l'intention d'entreprendre et des exigences qu'elle impliquait.

A cet égard, l'auteur désire adresser ses sincères remerciements à son directeur de recherche, Monsieur Jacques Héroux, pour les précieux conseils et le support constant, manifestés tout au long des

démarches qui ont conduit à la réalisation de ce rapport de recherche.

Il profite également de l'occasion pour témoigner sa profonde gratitude envers tous les intervenants qui ont participé directement ou indirectement aux multiples facettes de sa formation et qui l'ont rendu apte à satisfaire aux exigences de ce programme d'études avancées en éducation.

TABLE DES MATIÈRES

Page

AVANT-PROPOS ii

TABLE DES MATIÈRES iv

LISTE DES FIGURES v

CHAPITRES

I. INTRODUCTION 1

II. COGNITION 15

Traitement spécialisé de l'information 19

Perception spatiale 28

III. IMAGERIE ANTICIPATRICE 41

Images mentales 44

Habiletés spatiales 50

IV. APPLICATION À L'ENSEIGNEMENT DU DESSIN TECHNIQUE . . . 67

Variables développementales 69

Stratégies d'enseignement 76

Modèle d'enseignement 82

V. CONCLUSION 84

BIBLIOGRAPHIE 86

ANNEXES

A. VALEURS PERSONNELLES 95

B. PLAN DE LEÇONS TYPES 99

LISTE DES FIGURES

Figures

1. Représentation normalisée d'un objet technique 6

2. Modèle schématique du traitement spécialisé de l'information selon la théorie de Atwood et Paivio . . . 21

3. Tentative d'illustration d'un schéma d'anticipation . . 32

4. Illustration du processus de la différentiation perceptive 34

5. Cadre de référence XYZ 53

6. Les six degrés de liberté d'un corps dans l'espace tridimensionnel 53

7. Complexité d'une image mentale 56

8. Les trois types de translations élémentaires 60

9. Variation des formes d'un solide géométrique en fonction de divers types de rotations relatives à un point d'observation fixe 61

10. Rotation excentrique 64

11. Déplacement de l'observateur autour d'une scène fixe . . 64

12. Exemple d'un vocabulaire spatial 71

13. Synthèse des variables développementales 77

CHAPITRE I

INTRODUCTION

Dans la vie quotidienne, nous avons, pour diverses raisons, à échanger de l'information avec d'autres personnes. L'expression de nos pensées et de nos sentiments peut se faire par divers moyens, notamment sous la forme verbale (orale, écrite)/ou non verbale. Chacune des formes fait appel à des conventions communes qui permettent la compréhension de ces informations.

Un même mot ou un même dessin peut cependant avoir plusieurs significations, compte tenu du contexte dans lequel on l'interprète. Par exemple, le mot "citron" peut signifier le fruit qui porte ce nom, ou peut faire référence dans le langage populaire à une automobile dont les défauts de fabrication ne se comptent plus. Dans le cas d'un dessin, un cercle peut tout aussi bien représenter un ballon, qu'un tube vu en bout.

C'est pourquoi le contexte dans lequel s'inscrit l'information transmise est un aspect très important de la communication, et en est indissociable. Même dans un environnement culturel commun, avec une langue ou un système de représentation commun, deux personnes peuvent interpréter différemment une même information, tout dépendant de la signification qu'elles lui attribuent. Pour que l'interprétation du

message se rapproche le plus possible de la pensée originelle qui en était la source, il est nécessaire que toutes les informations qu'il contient soient sans ambiguïté pour tous.

Par exemple, si vous voulez faire fabriquer un meuble sur mesure selon vos goûts personnels, il est important que ce que vous désirez commander corresponde exactement au produit que le fabricant pense que vous voulez avoir. Pour vous en assurer, vous demanderez à examiner le dessin qui servira de modèle au fabricant. De cette façon, vous serez en mesure de vérifier en détail les dimensions exactes du meuble ainsi que son apparence générale et/ou particulière.

Pour que l'interprétation de ce dessin soit la même pour vous, pour le vendeur, et pour les ouvriers, les informations nécessaires à la fabrication de votre meuble devront être représentées graphiquement selon un système de conventions qui ne laissera subsister aucune équivoque. Le dessin ne devra représenter qu'un objet possible: votre meuble.

La personne qui exécutera ce dessin devra le faire en respectant les normes et conventions du dessin technique. Il représentera graphiquement l'objet à fabriquer tel qu'il serait perçu à partir d'autant de points de vue différents qu'il est nécessaire pour comprendre toutes les caractéristiques de l'objet à fabriquer, que ce soit un meuble, un boulon, ou une automobile.

Cependant, pour être en mesure d'accomplir ce travail spécialisé, cette personne devra préalablement avoir acquis la compétence professionnelle en la matière. Cette formation académique est offerte soit comme une spécialité à part entière (niveaux secondaire et collégial) soit en complément de formation (niveaux secondaire, collégial, et universitaire) à des spécialités connexes.

Dans le cas des étudiants admis dans un programme de dessin technique au secteur professionnel, les études qu'ils entreprennent impliquent de nouvelles exigences au niveau de l'acquisition et du développement d'habiletés intellectuelles et psycho-motrices essentielles à l'exercice de leur spécialité.

Rabardel (1982: voir aussi Weill-Fassina, 1982) définit le dessin technique comme la "représentation graphique d'un volume géométrique" répartie dans divers plans de projections correspondants. Étant donné que l'on vit dans un espace tridimensionnel, on ne peut déceler toutes les caractéristiques d'un objet qu à partir d'un seul point de vue car au moins une de ses faces est toujours cachée. L'exécutant doit donc dessiner cet objet tel qu'il serait perçu à partir d'autant de point de vue qu'il est nécessaire pour en comprendre la forme exacte.

En dessin technique, les angles de perception normalement suffisants pour décrire les formes de l'objet sont ceux désignés sous l'appellation (1) vue de plan, (2) vue d'élévation, et (3) vue de profil. La vue de plan correspond à ce que vous pourriez voir si vous

vous placiez directement au dessus de l'objet; la vue d'élévation à ce que vous verriez en face de l'objet; et la vue de profil à ce que vous observeriez face au côté de l'objet.

Le dessinateur doit alors donner des renseignements dans plusieurs de ces vues tout en tenant compte des rapports existant entre elles (voir l'exemple du grille-pain, figure 1). Ces diverses informations seront représentées graphiquement selon les conventions normalisées de tracé et de symbolisation utilisées dans cette spécialité professionnelle. Cependant, il ne faut pas perdre de vue qu'un dessin n'est pas l'objet lui-même, mais seulement sa représentation graphique. Il n'est que l'expression de ce que le dessinateur a en tête.

Pour être en mesure de représenter graphiquement un objet technique quel qu'il soit, le dessinateur doit préalablement faire usage de représentations mentales et de leurs manipulations spatiales de manière à pouvoir déterminer quels seront les angles de perception les plus avantageux pour comprendre les multiples caractéristiques de l'objet à représenter.

Cela implique qu'un étudiant(e) qui désire devenir spécialiste en dessin technique devra nécessairement posséder à la fin de sa formation, une bonne capacité de visualisation spatiale, car ce domaine de spécialisation exige de concevoir constamment des objets techniques et de les décrire au moyen de dessins techniques.

"Ces démarches exigent l'usage de représentations mentales et la prévision des résultats avant que ceux-ci soient effectivement obtenus."
(Weill-Fassina, 1973: 127)

La visualisation spatiale est cette capacité de former, de stabiliser, de manipuler et de transformer une image mentale claire et précise d'un objet, de manière à pouvoir en décrire les caractéristiques géométriques, peu importe l'angle de perception.

Paivio (1979) définit ces images mentales comme la manifestation d'informations figuratives perçues antérieurement, emmagasinées en mémoire, et qui peuvent être rappelées et traitées par la suite. Par exemple, si on vous demande de décrire votre salon, vous en visualiserez l'image et à partir d'elle, vous serez en mesure d'énumérer toutes les composantes visibles ou implicites. De la même façon, vous pourriez tout aussi bien esquisser un croquis de votre salon à partir de cette visualisation. Que faites vous quand vous êtes dans un magasin de meubles et que vous avez à choisir un mobilier de salon? Encore une fois, (1) vous visualisez le mobilier qui est devant vos yeux tel qu'il pourrait apparaître dans votre salon, (2) vous en simulez la disposition, et (3) vous contemplez l'effet qu'il pourrait produire en tenant compte de l'espace disponible et de la décoration actuelle ou à venir.

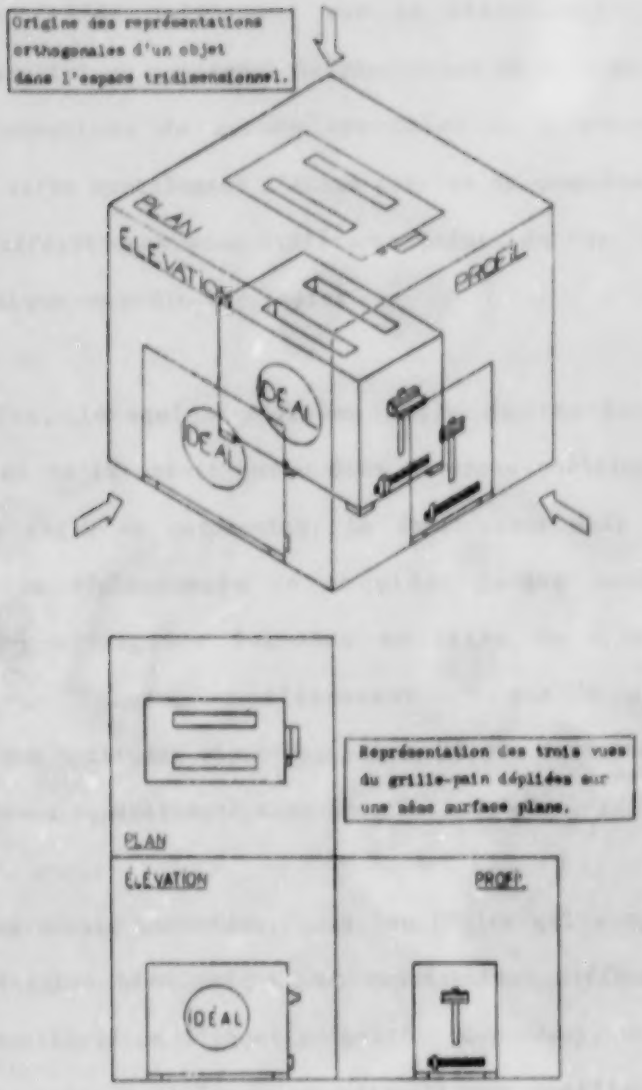

Figure 1. Représentation normalisée d'un objet technique.

C'est pourquoi Smothergill, Hughes, et Timmons (1975), en accord avec Paivio (1979), affirment que la visualisation est un outil cognitif essentiel au processus de résolution de problèmes nécessitant des transformations de nature spatiales et graphiques. Plus le dessinateur verra mentalement l'image précise et complète de l'objet et de ses caractéristiques sous différents points de vue, plus exacte en sera la réplique concrète sur papier.

En effet, lorsqu'un problème exige de représenter un objet technique tel qu'il serait perçu dans diverses positions ou à partir d'un autre angle de perception, le dessinateur doit respectivement visualiser les déplacements de la pièce jusque dans la position désirée, ou s'imaginer lui-même en train de changer de point d'observation. Alors, si l'étudiant n'a pas la possibilité de développer ses aptitudes visuo-spatiales, il y a de fortes probabilités que des erreurs apparaissent dans ses réalisations.

Dans un dessin technique, tous les traits qui y apparaissent ont une signification bien précise et représentent différentes surfaces et caractéristiques de l'objet présenté. Cependant, un trait omis ou dans une mauvaise position vient directement modifier la forme de l'objet. Cette erreur peut alors engendrer des répercussions incalculables et mener à des impossibilités fonctionnelles et/ou de fabrication.

Étant donné que le dessinateur ne peut garantir l'exactitude que de ce qu'il est en mesure de visualiser, les réalisations qu'il produira seront donc le reflet du niveau de développement de sa capacité de visualisation.

Dans le monde industriel par exemple, il est fréquent que des ouvriers se plaignent de projets technologiquement irréalisables ou non-fonctionnels et ce, parce que le dessinateur-concepteur n'a pas été en mesure de fournir les plans adéquats ou de tenir compte des limitations des procédés de fabrication disponibles.

Dans ce sens, Weil-Fassina fait état d'une étude qui démontre que:

> "70% des rebuts de la production dans les industries de fabrication peut être attribuable à des erreurs dans l'exécution ou la compréhension du dessin". (1973, 121)

Dans un cas, c'est le dessinateur qui a fourni un dessin erronné auquel le fabricant s'est référé pour la production, et dans l'autre cas, c'est le fabricant qui n'a pas été en mesure d'interpréter correctement les spécifications décrites sur le dessin (exact ou non).

De tels résultats font clairement ressortir l'importance de la dimension cognitive à attribuer à la formation du technicien et de l'ingénieur. Il va sans dire cependant que la capacité de visualisation est de plus en plus reconnue comme un élément indispensable et indissociable de la résolution de divers types de problèmes exigeant une quelconque manipulation mentale.

En somme, lors de la conception et la réalisation de dessins techniques, la représentation mentale de l'objet technique précède la représentation graphique que le dessinateur réalise au moyen de dessins techniques. Le développement de cette habileté à visualiser les opérations de manipulations et de transformations spatiales constituent ainsi un élément essentiel à sa formation.

Qui parle de formation parle aussi de programme d'enseignement.

Illustrer graphiquement un objet à partir de différents points de vue exige non seulement la capacité de visualiser les manipulations de l'image mentale d'un objet dans l'espace tridimensionnel, mais nécessite également l'habileté à traduire graphiquement les processus de transformations qui ont rendu possible la correspondance graphique de ces manipulations spatiales. Pour ce faire, le dessinateur aura recours à la "géométrie descriptive".

Cette discipline, comme l'indique son nom, vise essentiellement à décrire graphiquement un objet à partir de différents angles de perception, et d'en déterminer les dimensions et les propriétés géométriques.

Lamit (1983) affirme que cette discipline est la matière académique la plus difficile à assimiler mais que, tout comme le confirment Sementsov-Ogievsky (1980), une fois maîtrisée elle permet au dessinateur de résoudre les problèmes techniques les plus complexes.

Ces trois auteurs s'accordent pour dire que la maîtrise de cette discipline essentielle à la formation du dessinateur exige en conséquence, une bonne capacité de visualisation spatiale.

Mais l'influence de l'approche généralement plus concrète et pratique de la philosophie industrielle américaine, contrairement au style européen beaucoup plus axé sur la réflexion théorique, a fait en sorte que ce seul programme d'enseignement qui ne favorisait même que partiellement le développement de la capacité de visualisation de l'étudiant, a été abandonné au niveau secondaire depuis déjà plusieurs années, et ne survit actuellement au niveau collégial que sous une forme très sommaire et superficielle.

Le programme de formation actuel en dessin technique répond aux exigences psycho-motrices que requiert cette spécialité. Les enseignements dispensés sont orientés de façon à montrer quoi dessiner et comment le faire concrètement. Mais le pourquoi fondamental qui soutend chaque opération est cependant délaissé. Or, avec l'arrivée de la conception et du dessin assistés par ordinateur, cette situation problématique fait naître des besoins importants de formation fondamentale face aux nécessités nouvelles.

En effet, ces nouvelles technologies vont faciliter la tâche de l'opérateur quant à pouvoir examiner immédiatement sur écran cathodique ce à quoi pourrait ressembler concrètement la représentation abstraite qu'il a en tête et en faciliter la reproduction sur papier; mais ces

appareils ne peuvent pas concevoir un objet technique à la place de l'esprit de l'opérateur; ils ne sont que des auxiliaires permettant de faciliter et de réduire considérablement les temps d'exécution des différentes étapes de réalisation relatives à la représentation de projets techniques.

Comme cette situation pourrait devenir catastrophique à long terme, il apparaît important d'élaborer un modèle d'enseignement qui non seulement comblerait cette profonde lacune, mais replacerait le dessin technique sur la trace d'une spécialité avant-gardiste. L'étudiant, ayant pleinement développé sa capacité à visualiser les objets selon des points d'observations différents, pourrait facilement en étendre l'application aux événements de la vie quotidienne.

En voyage par exemple, il pourrait visualiser quel serait le meilleur itinéraire possible pour se rendre d'un endroit à un autre. Avant de débuter sa journée, il pourrait visualiser toutes les tâches à accomplir et en déterminer la séquence optimale. Avant de fixer son choix sur les différentes sortes de fleurs qu'il désire planter dans son parterre, il n'aurait qu'à en visualiser l'agencement le plus avantageux compte tenu de l'aménagement extérieur de son domicile. Avant de poser un geste, il pourrait sûrement mieux en anticiper les implications en visualisant l'impact possible qu'il produirait sur son entourage. Étant capable de se représenter un objet sous différents angles de perception, il pourrait tout aussi bien étendre l'usage de cette habileté en essayant de voir et de comprendre une situation à

partir de divers points de vue ou opinions et peut-être même arriver à les concilier.

C'est pourquoi, en plus d'avoir un impact positif au niveau de l'enseignement technique, cette recherche risque fort bien d'avoir un impact beaucoup plus grand au niveau social.

Fondée sur plusieurs théories cognitives des habiletés spatiales et sur de solides assises en géométrie descriptive, cette recherche vise essentiellement l'élaboration d'un modèle d'enseignement de la géométrie projective et dont l'emphase est axée principalement sur le développement de la capacité de visualisation spatiale de l'étudiant.

En fonction de cet objectif, l'auteur formule l'hypothèse suivante, à savoir:

> "que ce modèle d'enseignement développera plus largement et rapidement les habiletés spatiales de l'étudiant ainsi que sa capacité à solutionner des problèmes graphiques nécessitant l'utilisation de la géométrie descriptive, que pourrait le faire les modèles actuels."

Pour y parvenir, la présente recherche se basera sur les résultats d'expériences scientifiques provenant de recherches sur les processus cognitifs en opérations lors de rotations et de transformations mentales. Cette étude conduira à l'identification de plusieurs variables affectant le fonctionnement et de développement de ces processus cognitifs particuliers.

De la connaissance de ces processus, prendra forme un modèle d'enseignement qui respectera les modalités de progression naturelle régissant la maîtrise de ces habiletés spatiales et qui en constitueront les stades de développement.

Cependant, compte tenu des réalisations considérables qu'impliquerait le cycle complet d'une recherche expérimentale, i.e. suivant les étapes de l'élaboration du cadre conceptuel, de la méthodologie et du matériel d'expérimentation; de l'expérimentation; de l'analyse des résultats et de leur interprétation, cette recherche devra donc se limiter aux étapes préalables à l'expérimentation.

Étant donné que l'originalité de cette recherche exige un chevauchement de notions psychologiques, pédagogiques, et techniques, l'étendue du cadre conceptuel résultant est d'une ampleur telle qu'un choix de priorités doit être fait. En conséquence, l'emphase sera mise sur les fondements psychologiques. Quant à la problématique éducative, elle sera reléguée au second plan tout en étant suffisamment développée pour guider et amorser des travaux subséquents en ce sens.

Ainsi, le chapitre qui suit fera le point sur l'état actuelle de la recherche scientifique spécialisée au niveau des aspects cognitifs des habiletés spatiales. Par la suite, ce cadre conceptuel servira à l'élaboration du modèle d'enseignement qui représente le principal objectif de cette recherche.

Enfin, quelques plans de leçons types seront présentés en annexe. Ils auront pour objectif de guider le développement ultérieur d'un matériel expérimental complet préalable à l'expérimentation.

CHAPITRE II

COGNITION

Les récentes recherches en biologie ont démontré que la cellule, prise à un niveau élémentaire, possède tout le potentiel génétique nécessaire à son développement et à sa spécialisation en vue d'occuper une fonction précise dans un organisme, quel qu'il soit (Mehler, cité dans Morin/Piattelli-Palmarini, 1974).

De la même manière, mais sur une spire supérieure de l'évolution des organismes vivants, l'humain possède tout le potentiel intérieur essentiel à son développement (Angers et Bouchard, 1982a: voir aussi à ce sujet, Teilhard de Chardin, 1955). L'orientation de ce développement sera , tout comme pour celui de la cellule, fonction de l'environnement dans lequel l'être vit et de la nature des échanges qu'il entretient avec le monde extérieur (Angers et Bouchard, 1982b).

Les structures neurologiques du cerveau sont également de nature innée. Elles sont le résultat de l'évolution de la race humaine et n'ont pas, par conséquent, à être acquises par l'individu (Shepard et Cooper, 1982: Chomsky, 1981: voir aussi Neisser, 1976). Elles possèdent le potentiel nécessaire au développement des capacités perceptives, représentatives, et de traitement des données transmises par le système sensitif du sujet.

Le développement cognitif qui en découle est le fruit d'un processus d'intériorisation et de reconstruction des données sensorielles. Ce développement est rendu possible, entre autres, par la mémoire qui permet la conservation des acquis antérieurs.

Selon Kosslyn (1983), la mémoire humaine opère à trois niveaux: (1) celui de l'emmagasinage sensoriel, lequel enregistre momentanément les impressions (pour moins d'une seconde) des choses qui nous parviennent; (2) celui de l'emmagasinage à court terme, lequel maintient les informations pour une brève période (quelques secondes seulement); et (3) celui de l'emmagasinage à long terme, où l'information est classifiée pour un usage ultérieur.

Cette classification s'effectue sous différents formats. Un format est un genre de code. Les mêmes données peuvent être emmagasinées selon de nombreux formats; notamment selon le format dit "pictural" et celui dit "propositionnel". Le format pictural serait relié à l'information imagée et le format propositionnel le serait à l'information sous forme verbale ou algorithmique.

Quoique les mots et les images peuvent véhiculer les mêmes informations, ils le font différemment; l'imagerie étant qualitativement différente de la sorte de pensées propositionnelles qui est à la base de l'utilisation du langage.

En effet, quand vous vous rappelez les traits et les caractéristiques d'un objet à partir de son image, ce que vous rappelez n'est pas exactement la même chose que si vous aviez eu à le faire à partir d'une liste de mots.[1]

Ces différentes façons de se représenter l'information rendent compte de la flexibilité des mécanismes internes de l'appareil cérébral (Olson et Bialystok, 1983).

Kosslyn (1983) poursuit en précisant que les fonctions du cerveau peuvent être divisées en deux grandes catégories: les structures et les processus. Les structures servent à la représentation de l'information. Les processus opèrent sur ou par ces structures pour parvenir à une interprétation et une transformation des données recueillies.

Le traitement de ces données permettra l'édification de concepts de plus en plus élaborés, rendant ainsi possible une modélisation de la réalité et un raisonnement sur sa représentation (Oléron, 1972). Pour Chomsky,

> "Posséder une pensée c'est d'être capable d'acquérir la faculté d'opérer avec des symboles de telle manière que ces symboles et leur signification soient le produit de l'activité propre d'un sujet" (1981, 33)

---

[1]Les recherches étudiées ne précisent pas si l'information est emmagasinée en mémoire sous des formes picturales et propositionnelles distinctes ou sous une forme synthèse de ces deux formats.

C'est effectivement en raisonnant sur les événements qui le touchent que l'humain devient progressivement apte à faire les transferts et les généralisations qui lui permettent de s'adapter à son milieu et d'anticiper d'éventuelles modifications.

Cette adaptation, selon Piaget (1969, 1973) consiste en un équilibre entre l'assimilation et l'accomodation: l'assimilation étant l'intégration de faits nouveaux à des structures existantes; tandis que l'accomodation est la modification de ces structures en fonction de ces nouveaux faits.

Or, ce n'est qu'en présence de situations nouvelles que l'adaptation peut se manifester. En conséquence, les concepts ne peuvent se transmettre, mais doivent s'acquérir à travers l'expérience et l'action (Oléron, 1972). De cette façon, l'individu parvient graduellement, au fil des apprentissages, à développer ses habiletés motrices et intellectuelles.

En somme, le processus d'évolution d'un individu est conditionnel à la présence d'une série de facteurs qui, concurremment, le rendent possible. Parmi ces facteurs, un en particulier retient tout spécialement l'attention des chercheurs en psychologie cognitive. Il s'agit du format selon lequel l'information est traitée soit sous formes "d'images" et/ou de "propositions".

Comme l'essentiel du dessin technique se situe au niveau des représentations, qu'elles soient mentales ou graphiques, une revue même très générale de certaines théories sur ce sujet pourrait s'avérer d'un apport important lors de l'étude prochaine des habiletés spatiales.

Traitement spécialisé de l'information: L'humain[2] communique constamment avec son environnement. Pour que les messages échangés soient compris, ils présupposent l'existence d'un code de communication, commun aux partenaires. A ce sujet, Watzlawick et ses collègues précisent que:

> "les êtres humains usent de deux modes de communication: digital et analogique. Le langage digital possède une syntaxe logique très complexe et très commode, mais manque d'une sémantique appropriée à la relation. Par contre, le langage analogique possède bien la sémantique, mais non la syntaxe appropriée à une définition non-équivoque de la nature des relations." (1972, 65)

En gros, les données digitales seraient reliées au domaine verbal, et les données analogiques au domaine non-verbal. Par conséquent, elles se complètent mutuellement. Si on communique à l'aide de données de natures différentes mais complémentaires, il y a lieu de s'attendre à ce que le cerveau les traite en fonction de leur nature respective.

Les résultats des nombreuses recherches de Paivio (Paivio et Begg, 1971: Paivio, 1975, 1978, 1979) sont généralement compatibles avec

---

[2]L'auteur de ce rapport de recherche tient à préciser que le mot "homme", même pris au sens large, peut susciter certaines interprétations connotatives. Afin d'en minimiser l'effet, les mots "humain", "personne", et "sujet" seront donc utilisés tout au long de ce travail et feront toujours référence aux êtres des deux sexes sans exception.

l'approche de la double codification de l'information telle qu'initialement développée par Brooks (1967, 1968, 1970, cité dans Paivio, 1979) et que Atwood (1971) a améliorée par la suite (voir le modèle de Atwood à la figure 2). Cette théorie stipule que les informations verbales et non-verbales sont représentées et traitées dans deux systèmes cognitifs interconnectés, mais fonctionnellement indépendants: (1) le système d'imagerie, et (2) le système verbal.[3]

Le système d'imagerie est spécialisé dans l'encodage, l'emmagasinage, l'organisation, la transformation, et le rappel de l'information concernant les formes et les objets concrets (Cooper and Shepard, 1973, cités dans Paivio, 1975).

Par contre, le système verbal est spécialisé dans la conduite des tâches reliées à l'information impliquant des unités linguistiques et des structures discrètes telles l'alphabet et les nombres.

---

[3]En psychologie cognitive, on retrouve plusieurs écoles de pensée qui chacune, propose son modèle de traitement de l'information. Certains auteurs considèrent que l'information n'est traité que sous une forme essentiellement propositionnelle (tel Pylyshyn, Z.) tandis que d'autres en minimisent l'importance au profit principalement d'un traitement sous forme imagée (tels Kosslyn et ses collègues). Le modèle du double traitement de l'information (Brooks, Atwood, Paivio et leurs collaborateurs) a ainsi l'avantage de combiner et de concilier ces deux approches.

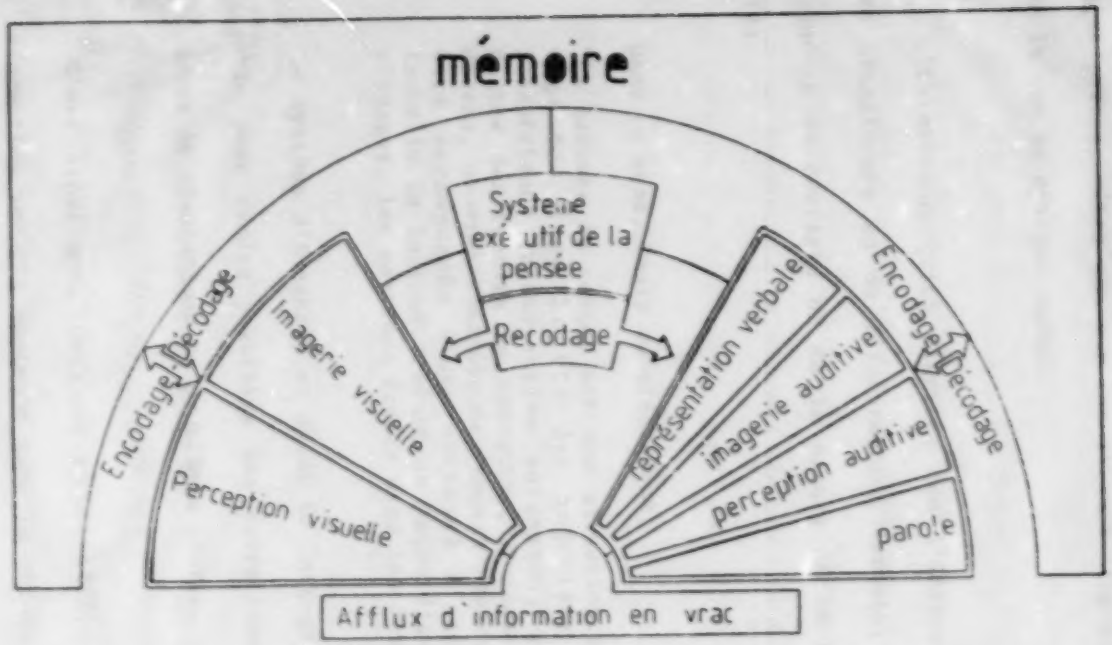

Figure 2. Modèle schématique du traitement spécialisé de l'information selon la théorie de Atwood et Paivio.

L'indépendance entre ces deux systèmes implique qu'ils peuvent être accessibles de façon autonome par des stimuli relatifs à chacun: le système d'imagerie est activé plus directement par les objets ou images perceptuelles que par les stimuli linguistiques, et inversement dans le cas du système verbal.

L'interconnectivité signifie que l'information non-verbale peut être transformée en de l'information verbale, ou vice versa, tout dépendant du contexte ou de la nature de la tâche demandée (Paivio, 1975).

Dans ce sens, Denis considère que:

> "La lecture de textes est une situation naturelle largement répandue dans la vie des individus et on sait, par l'expérience introspective notamment, que la lecture de textes descriptifs ou narratifs, à caractère concret (fait divers, oeuvres romanesques, textes didactiques, etc.), peut être accompagnée d'une activité d'imagerie visuelle par laquelle le lecteur traduit de façon figurative, sous forme d'images, les contenus écrits dans les textes." (1982a, 139)

Le système d'imagerie et celui du langage verbal travaillent donc ensemble pour rendre possibles les opérations mentales relatives aux processus de résolutions de problèmes (Durio, 1975: Anderson, 1978).

C'est ainsi que, toujours en se référant au modèle de Atwood, l'information verbale contenue dans la phrase est encodée directement par le système de traitement verbal en une liste de caractéristiques relatives aux propriétés verbales de cette information et est simultanément recodée en images visuelles dans le système de traitement

imagé pour être finalement encodée en mémoire (Atwood, 1971: Nielsen et Smith, cités dans Shepard et Cooper, 1982).

Le processus de rappel de l'information s'effectue de la même manière, mais en sens inverse. Sur ce point, les résultats de recherches sont sans équivoque: l'esprit rapporte et utilise les images en même temps que les propositions. De façon plus explicite, l'esprit tend à chercher les fichiers propositionnels et imagés de façon simultanée et utilise le format, peu importe lequel, qui arrive le premier pour produire la réponse demandée (Kosslyn, 1983). Ceci nous amène à croire que plus un item sera emmagasiné en mémoire de plusieurs façons, plus il sera facile de le rappeler.

Et c'est effectivement ce qui se produit. Par exemple, Paivio a démontré qu'il est plus facile de se rappeler des mots concrets (i.e. ceux qui identifient des objets imageables, comme par exemple une "roche" ou un "soulier") que des mots abstraits (i.e. ceux qui nomment des choses ou des concepts non-imageables, tels que la "vérité", ou la "vertu").

Récemment, il a été prouvé que les gens apprennent les mots concrets plus facilement que les mots abstraits (Kosslyn, 1980, 1983). Selon la théorie de Paivio, les mots concrets peuvent être mémorisés de deux façons, verbalement et via le système imagé, tandis que les mots abstraits ne peuvent être mémorisés que d'une seule façon, verbalement. Ainsi nous avons deux fois plus de chance de se rappeler

un mot concret, soit en rappelant l'image ou le mot lui-même, que de se rappeler un mot abstrait.

Mais les résultats des expériences de Atwood (1971) vont encore plus loin. Ils démontrent que ces deux systèmes de traitement de l'information se subdivisent en spécialités.

C'est alors que le système dit "imagé" devient le système "visuo-imagé". Il opère sur les données qui se retrouvent aux niveaux de la perception visuelle et de l'imagerie visuelle. Le système dit "verbal" devient le système "auditivo-verbal". Il régit le traitement des données se situant au niveau des représentations verbales, de la parole, de la perception auditive, et de l'imagerie auditive.[4]

Enfin, pour compléter l'explication du modèle présenté, le système exécutif, pour sa part, opère selon deux fonctions générales. Premièrement, il initie et termine l'activité dans les deux systèmes, et contrôle aussi les opérations de recodage de l'un à l'autre. Deuxièmement, ce système exécutif a accès à la mémoire et peut actualiser et compléter le "contenu" de la représentation dans les systèmes visuels et auditivo-verbal.

Comme appui à ce modèle, de nombreuses données physiologiques recueillies auprès de sujets ayant subi des lésions cervicales,

---

[4]Afin de ne pas alourdir cette étude, l'auteur a cru bon de ne pas faire état de ce qui relève du domaine auditif.

démontrent une perte sélective d'habiletés avec l'endommagement d'un des deux hémisphères du cerveau.

Il a pu être établi que l'hémisphère droit est mieux adapté pour les tâches spatiales et que l'hémisphère gauche est mieux adapté pour les tâches linguistiques et analytiques, et qu'en conséquence, les processus d'exécution reliés aux tâches verbales seraient localisées dans l'hémisphère gauche tandis que ceux relatifs aux tâches spatiales le seraient dans l'hémisphère droit (Anderson et Bower, 1973, citée dans Anderson, 1978; Kimura, cité dans Olson et Bialystock, 1983; Farah, 1984).

Les recherches de Paivio (1979) viennent corroborer ces résultats en soutenant que l'hémisphère gauche joue un rôle dominant dans la perception de stimuli verbaux, tandis que l'hémisphère droit est spécialisé dans le cas de patterns non-verbaux et de certains stimuli visuels non-verbaux.

Dans le même ordre d'idée, McGee (1979) rapporte que des expériences similaires ont démontré que l'oreille droite (étant sous le contrôle du cerveau gauche) est avantagée pour le traitement des stimuli difficiles à verbaliser (les mélodies, les signaux de sonars, et les patterns sonores abstraits). A elles deux, elles couvrent les multiples aspects du champ sonore.

Cependant, autant la collaboration inter-systèmes est complémentaire, autant le travail intra-système peut s'avérer improductif. En effet, l'activité simultanée de deux spécialités d'un même système de traitement provoque une interférence intra-système qui a pour effet d'en réduire l'efficacité. Dans plusieurs expériences (Brooks, 19967, 1968, cité dans Atwood, 1971: Salthouse, 1975: Owens et Richardson, 1979: Block, 1981), il a été démontré qu'une tâche de recherche visuelle (niveau de la perception) interfère avec une tâche de visualisation (niveau de l'imagerie) quand celles-ci sont effectuées simultanément.

Par exemple, une personne aura passablement de difficultés à visualiser un objet alors qu'elle doit en chercher visuellement un autre. Essayez de visualiser en détail ce à quoi ressemble votre salon tout en étant au volant d'une automobile (en marche) et vous constaterez qu'il est très dangereux de se livrer à de telles tentatives. D'autre part, tenter de rechercher visuellement un objet alors qu'on concentre toutes nos énergies à en visualiser un autre est tout aussi difficile.

Il en est de même au niveau de l'interférence entre des tâches simultanées de perception auditive, d'imagerie auditive, de lecture et/ou d'élocution verbale. Essayez de simuler mentalement l'écoute d'une mélodie bien précise alors que vous en entendez simultanément une autre, et vous verrez que c'est presqu'impossible. Réussir à se représenter totalement ce qu'une personne est en train de vous dire

quand vous parlez tous deux en même temps, relève de l'exploit. Lire un texte tout en écoutant d'autres gens parler près de vous est également une tâche laborieuse.

En somme, selon le modèle de Atwood (supporté par Paivio), le traitement de l'information s'effectue par deux systèmes distincts, qui se subdivisent chacun en spécialités. Deux activités intra-système ne peuvent être simultanément efficaces tandis que deux activités inter-système le peuvent, à savoir que:

1) la perception visuelle entre en interférence avec l'imagerie visuelle (mentale), mais que l'une ou l'autre s'harmonise avec toutes les spécialités du système auditivo-verbal;

2) la perception auditive, l'imagerie auditive (mentale), les représentations verbales (discours mental), et la parole sont simultanément en interférence entre elles, mais sont compatibles et complémentaires avec les spécialités du système visuo-imagé.

Cette conclusion de par l'ampleur de ses implications dans le processus d'apprentissage, devra donc être prise en considération lors de l'élaboration du modèle d'enseignement et de ses applications pratiques.

Dans cette section, il a été mentionné à plusieurs reprises que l'esprit traitait l'information déjà en mémoire, ou actuellement perceptible. Or, cette information emmagasinée en mémoire est nécessairement le fruit d'un traitement de perceptions antérieures. Cela nous amène à prendre en considération le rôle vital de la perception dans le processus de représentations mentales. Mais quelle est la nature de ce rôle?

Son étude se veut donc un préalable à celle des représentations mentales qui sont à la base des habiletés spatiales et de leur développement.

Perception spatiale: Dans la section précédente, il a été soutenu que l'information perçue est traitée avant d'être emmagasinée en mémoire. La perception représente donc l'étape où les données potentielles de l'environnement sont recueillies et rendues disponibles pour traitement.

Ce qu'un sujet verra sur une image est fonction de ce sur quoi son attention sera portée, et de la façon dont elle sera dirigée. Cette attention dépend directement des informations que le sujet a déjà en tête et de celles qu'il cherche en fonction de ses nouvelles attentes. L'attention dépend donc de ses expériences antérieures et de ce qu'il anticipe pour le futur.

Par exemple, dans une phrase composée de deux propositions, ce que vous apprenez de la deuxième partie de cette phrase dépendra de ce que vous avez intégré de la première. Lors de la lecture, l'information déjà recueillie prédit ainsi la nature générale de ce qui sera cueilli par la suite, sans toutefois le déterminer de façon précise (Neisser, 1976: Neisser, 1978).

Celui qui perçoit a toujours au moins quelques anticipations (plus ou moins précises) avant de débuter sa cueillette d'informations à propos d'un certain objet, image, ou événement. Ses anticipations pourront être corrigées et/ou accentuées en cours d'observation, tout dépendant de ce qui se présentera dans le champ visuel (voir aussi Lunkenbein et al., 1983).

Le perceveur anticipe sans arrêt certaines sortes d'informations, ce qui le rend apte à les accepter dès qu'elles deviennent disponibles aux surfaces sensorielles. La perception est alors un mécanisme qui consiste à mettre à l'essai une série de scénarios très généraux qui pourraient se réaliser (voir aussi Ullman, 1984).

C'est pourquoi le sujet doit explorer continuellement son champ visuel pour rendre ainsi disponible l'information, soit en bougeant les yeux, la tête, le corps, ou tous ensemble.

Comme le mouvement est un processus continu, il crée sans cesse des changements dans la structure optique disponible à l'oeil. Les

différentes formes et surfaces des objets sont alors observées en fonction des déplacements relatifs observateur/objet.

Ces activités exploratoires sont constamment dirigées par le mécanisme de l'anticipation (voir aussi Oléron et Baudonnière, 1976). Ce mécanisme fonctionne à l'aide de ce que Neisser (1976; 1978) désigne par "schéma d'anticipation" (Dolle et al., 1973-74).

La mise en activité de ces schémas a pour effet de sélectionner certaines catégories d'informations plutôt que d'autres. Cette sélection se fait en fonction de notre connaissance du monde (i.e. de la somme de toutes les connaissances acquises antérieurement) et de nos attentes (i.e. nos buts, objectifs, désirs, souhaits; conscients ou inconscients).

Un schéma d'anticipation correspond à ce que Olson et Bialystock (1983) appellent une "description structurale". Ce schéma d'anticipation contient l'information concernant les caractéristiques d'un objet, les relations inter-caractéristiques, et les relations entre ces caractéristiques et l'espace tridimensionnel de façon à "prendre au filet" l'information désirée (voir à la figure 3, l'exemple d'un carré et du schéma d'anticipation en place qui en permettra la perception). L'assimilation de nouvelles données en dépend directement car ce sont eux qui dirigent l'activité perceptuelle et qui sont modifiés quand elle se présente.

Selon Shepard (1984: Podgorny et Shepard, 1978: Gibson, 1966 cité dans Marr, 1982), cette assimilation s'effectue au moment où les données fournies par l'environnement entrent en "résonnance" avec les schémas anticipateurs en place. Cette résonnance est alors responsable de ce que Shepard appelle la "prise au filet" de l'information (voir aussi Jolicoeur et al., 1984).

Les expériences de Hockberg (1975, cité dans Neisser, 1976: Podgorny et Shepard, 1983: Just et Carpenter, 1976) sur l'enregistrement du mouvement oculaire ont démontré que les traits saillants d'objets fonctionnent comme des points de repères, des bornes et/ou des balises. Ils constituent les premiers éléments qui seront détectés par les schémas d'anticipations (Podgorny et Shepard, 1978, 1983). Ils sont visibles de loin et l'oeil y retourne souvent (voir aussi Olson, 1983: Hoffman et Richards, 1984).

Parce que les schémas sont des anticipations et qu'ils ont été formés par l'expérience antérieure, ils constituent l'intermédiaire par lequel le passé affecte le futur; l'information déjà acquise déterminant en grande partie celle qui est captée par la suite. Ces schémas acceptent l'information et dirigent la recherche de nouvelles. La perception du monde extérieur change le perceveur, et par le fait même, ses actions. Le schéma est régi par ce que Piaget (1969, 1973, 1977) appelle "l'adaptation".

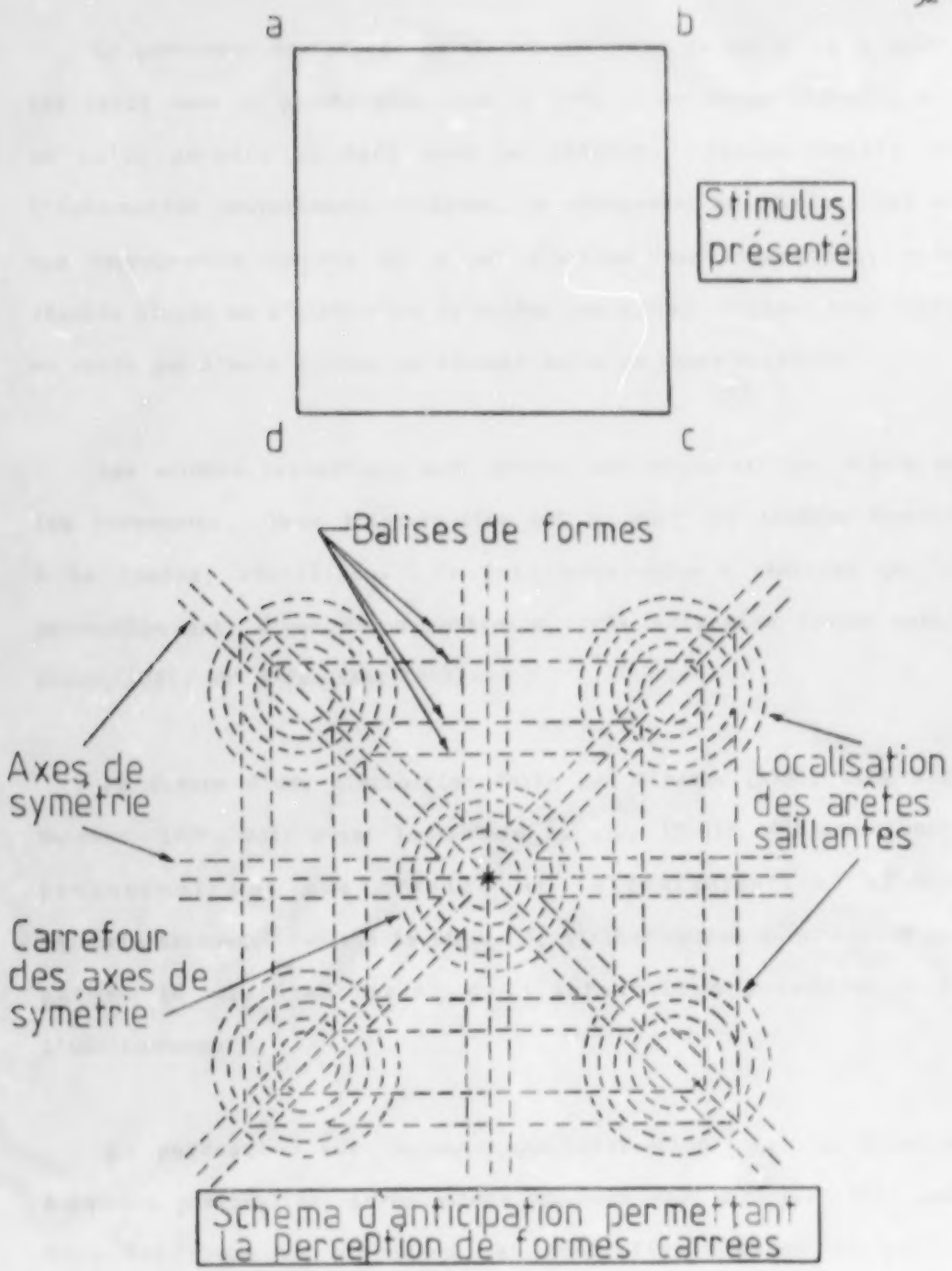

Figure 3. Tentative d'illustration d'un schéma d'anticipation.

Le perceveur devient ce qu'il est en vertu de ce qu'il a perçu (et fait) dans le passé; plus tard il crée et se change lui-même par ce qu'il perçoit et fait dans le présent. Tenant compte de l'information nouvellement intégrée, ce changement ne consiste pas en une reproduction interne de ce qui n'exitait pas auparavant, mais résulte plutôt en l'altération du schéma perceptuel original pour faire en sorte que l'acte suivant se déroule selon un cours différent.

Les schémas perceptuels sont prévus pour découvrir les objets et les événements. Mais l'information qui ne peut s'y insérer demeure à la limite, inutilisée. Ce fait nous amène à réaliser que la perception est, d'une façon inhérente, très sélective (voir aussi Block, 1981: Weill-Fassina, 1983).

En termes d'une distinction faite par Gibsons (1955, cité dans Neisser, 1976: voir aussi Lunkenbein et al., 19983), l'apprentissage perceptuel est une affaire de "différentiation" et non "d'enrichissement" (voir à la figure 4, l'illustration du processus qui permet la différentiation de l'information potentielle de l'environnement).

La perception est toujours une interaction entre un objet ou événement particulier, et un schéma beaucoup plus général. Elle peut être vue comme un processus qui généralise l'objet ou qui en particularise le schéma de façon à obtenir plus de précisions sur les caractéristiques de cet objet (Marr, 1982: Pinker, 1984).

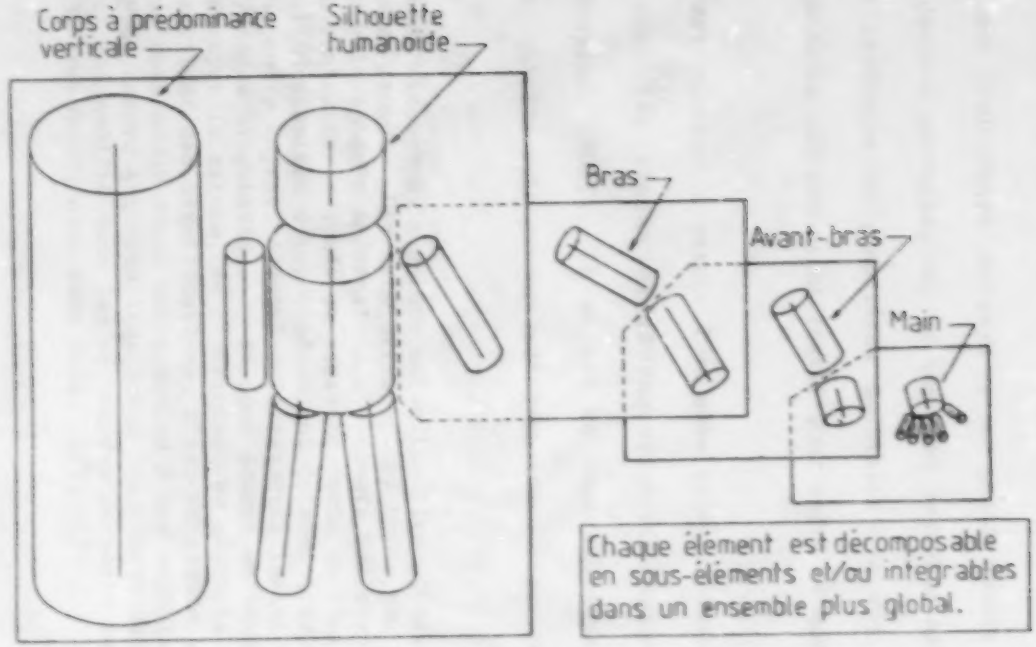

Figure 4. Illustration du processus de la différentiation perceptive.

La différence entre un perceveur habile et un autre malhabile est que le premier détecte des caractéristiques auxquelles l'observateur naïf est insensible.

Comme tout objet naturel a un grand nombre d'utilités et de significations potentielles, et que tout ensemble optique spécifie une variété indéfinie de propriétés possibles, ce que le sujet percevra dépendra de ce qui est significatif pour lui à ce moment là.

C'est pourquoi à partir d'un même stimulus visuel, deux personnes perçoivent les choses différemment (voir aussi Paivio, 1975: Weill-Fassina, 1982). Il en est de même au niveau de l'information verbale, qu'elle soit perçue auditivement ou visuellement.

> "nous découpons la nature selon les lignes établies par notre langue. Les catégories et les types que nous isolons dans le monde phénoménal ne s'y trouve nullement... Bien au contraire le monde se présente comme un flux kaléidoscopique d'impressions qui doivent être organisées par notre esprit, c'est-à-dire essentiellement par nos systèmes linguistiques. Si nous sommes en mesure de découper la nature, de l'organiser en concepts et de leur attribuer des significations, c'est en grande partie parce que nous avons donné notre accord à une organisation de ce type, accord qui constitue notre communauté de parole et qui est codifié dans les structures de notre langue."
> (B. Lee Whorf, cité dans Hall, 1971, 118)

Les mots concrets dénotent quelque chose qui peut être perçu, c'est-à-dire quelque chose qui fournit de l'information sensorielle de telle sorte qu'elle peut être anticipée. De cette façon, les noms d'objets (i.e. les mots les plus fréquemment employés pour les désigner

ainsi que leur signification) deviennent incorporés aux schémas d'anticipations par lesquels les objets eux-mêmes sont perçus. Selon Olson et Bialystock (1983), plus le vocabulaire de formes concrètes sera élaboré, plus élevée sera la capacité de différentiation des formes dans le champ visuel.

Les formes ne représentent qu'un aspect particulier d'un schéma d'anticipation d'objet. La signification de l'objet en représente un autre, et est indissociable de cet objet.

Mais si le développement des schémas anticipateurs vient avec les expériences du sujet (Piaget et Inhelder, 1966: McGee, 1979) et est fonction de sa connaissance du monde extérieur, comment a-t-il pu intégrer les premières informations pour démarrer le cycle perceptuel?

Selon Neisser (1976), l'enfant naît inévitablement avec des schémas d'anticipations qui le rendent capable, dès le départ, d'accepter l'information qui sera utilisée pour débuter de nouveaux cycles d'activités perceptuelles. Ces schémas innés lui permettent de découvrir son environnement et d'organiser l'information qu'il obtient, de manière à en obtenir plus. Il ne connaît peut-être pas très bien les possibilités de son mécanisme perceptif, mais suffisamment pour débuter (voir aussi Kosslyn, 1984).

A l'aide de ces schémas, il parvient à découvrir le monde qui l'entoure. Mais il ne le perçoit cependant que d'un seul point de vue.

C'est alors qu'entre en ligne de compte une deuxième catégorie de schémas, ceux que Neisser (1976) désigne par "schémas d'orientation".

Les schémas d'orientation ne sont pas seulement des assemblages de schémas anticipateurs. Ils incluent aussi l'information concernant les relations spatiales entre les objets, et leurs rapports avec leur position dans l'environnement. Ces deux types de schémas sont donc interpénétrés et simultanément en activité.

Par exemple, une personne à son domicile connaît déjà où sont les portes, et ce qui se situe derrière, autant qu'elle connaît la localisation d'autres objets familiers. Cela signifie qu'elle peut anticiper les distances et les mouvements possibles de tous ses déplacements et de ceux de d'autres personnes. La perception de l'information se rapportant aux localisations d'objets et aux déplacements dans cet environnement est donc rendue possible par l'action simultanée des schémas anticipateurs et d'orientation spatiale.

Les deux ensemble constituent en quelque sorte, une "carte cognitive" (le terme anglais est "cognitive map") que la personne peut explorer mentalement (voir aussi Block, 1981: Shepard et Hurwitz, 1984).

Une telle carte cognitive inclut certains signes ou traits caractéristiques environnementaux comme par exemple: des balises, des

points saillants, des coins ou des arêtes visibles d'objets, des chemins et des districts (dans le cas d'une ville, par exemple), etc... La différence entre un schéma d'anticipation et un schéma d'orientation est que le premier contient l'information relative aux relations entre les caractéristiques internes d'un objet, tandis que le deuxième (incluant le premier) contient celle relative aux relations entre les objets.

Tout comme pour les schémas d'anticipations, nous pouvons ajouter de l'information aux cartes cognitives. Elles sont essentiellement des schémas perceptuels, elle acceptent l'information et en guident l'exploration.

Nous pouvons également altérer nos anticipations perceptuelles et nos plans de voyage par exemple, sur les bases d'informations verbales lues ou entendues. Cependant, les changements produits de cette façon ne sont pas équivalents à ceux qui le seraient par une perception directe car ils ne sont pas le résultat d'une activité perceptuelle directe avec les objets eux-mêmes. Néanmoins, ces changements peuvent être d'un apport substantiel et permanent aux acquis de la personne (voir aussi Shepard et Cooper, 1982).

Percevoir est une activité d'anticipation et de cueillette d'informations. Cependant, tout retard entre l'anticipation et la cueillette crée un état de stagnation au niveau des schémas d'anticipations en attente, et l'aspect interne de cet état est ce

qu'on appelle une image mentale (voir aussi Piaget et Inhelder, 1966: Neisser et Kerr, 1973: Anderson, 1978: Finke, 1980: Hoffman et al., 1983).

Cette image mentale n'est pas une peinture ou une photographie dans la tête, mais une prévision ou un plan pour obtenir l'information à partir d'environnements potentiels (Neisser, 1967: voir aussi Pinker, 1984). Elle est une description de ce que la personne est prête à voir (voir aussi Denis, 1982b).

La visualisation spatiale résulte donc d'une suppression volontaire de la phase de cueillette d'information du processus perceptuel. Visualiser une chose et en regarder une autre est aussi difficile que de regarder deux choses simultanément. Cet état de fait est clairement expliqué par les résultats obtenus par Brooks (1966, 1967 cité dans Atwood, 1971), Atwood (1971) et Paivio (1975, 1978, 1979) qui indiquent qu'il est très difficile de visualiser un objet tout en essayant simultanément de lire un texte.

Le cycle perceptuel ne peut être à la fois en activité et en attente, ce qui explique les interférences, les conflits et les incompatibilités produits au niveau du système de traitement de l'information (voir aussi Rabardel, 1982: Kosslyn, 1983).

Supposons par exemple que nous voulions regarder la figure d'un acrobate au moment où il tourne dans un cerceau. Cela requiert un

schéma qui accepte l'information à propos de la vitesse et de la direction avec laquelle l'acrobate tourne, et dirige la cueillette d'informations à partir de la position où sa tête sera au prochain mouvement. Une personne qui possède de tels schémas sera aussi capable d'imaginer une telle rotation simplement en activant le schéma d'anticipation en l'absence de l'acrobate (voir aussi Block, 1981; Kossly, 1983).

Neisser (1976) considère que cette habileté à séparer, à détacher, et à manipuler nos propres schémas d'anticipations représente en quelque sorte, l'élément fondamental de base de tous les processus mentaux élevés.

Or, le dessin technique est une spécialité qui requiert tout spécialement ces habiletés. Il nécessite la visualisation de volumes géométriques, leurs manipulations et leurs transformations dans un espace tridimensionnel pour ensuite en arriver à les représenter graphiquement selon différents points de vue.

Conséquemment, considérant que la visualisation spatiale est à la base de cette spécialité, une étude plus approfondie des caractéristiques spécifiques aux habiletés spatiales nous amènera à identifier de façon plus précise, les processus cognitifs qui en sont à la base.

CHAPITRE III

IMAGERIE ANTICIPATRICE

Le chapitre précédent nous a initié au phénomène de la cognition. Son survol, même s'il n'a été que très rapide et général, nous a tout de même permis de cerner globalement les racines de la perception (principalement à l'aide de la théorie de Neisser) et les éléments de base du processus de traitement spécialité de l'information (par le modèle de Atwood et Paivio).

Selon la théorie du double traitement, l'information propositionnelle et l'information spatiale sont traitées par des systèmes distincts, autonomes, mais interreliés et complémentaires. Cependant, les informations qui y sont traitées ne proviennent pas directement de l'environnement; elles sont le fruit du processus de la perception.

La perception consiste en une cueillette sélective d'informations rendue possible par des schémas d'anticipations et d'orientations qui agissent comme filets pour les ramasser dès qu'elles deviennent disponibles.

Cette cueillette est fonction de ce que la personne connaît déjà et ce sur quoi elle porte son attention, ce qu'elle anticipe. Les

nouvelles données intégrées viennent modifier ou spécialiser les schémas qui, à leurs tours, recueillent plus de données. Tel est le cycle perceptuel.

Quand ce cycle est interrompu, c'est-à-dire quand le flux d'informations cesse et que les schémas sont toujours en attente, il se produit ce qu'on appelle une image mentale. Cette image mentale n'est que l'aspect interne de l'activité anticipatrice. Elle correspond grossièrement à ce qu'on anticipe de voir.

La visualisation spatiale est alors une activité qui consiste à mettre en place des schémas anticipateurs de formes et de mouvements tout en se soustrayant volontairement au flux d'informations provenant de l'environnement. Les images mentales qui en résultent sont tout spécialement utiles pour les raisonnements sur des formes et des relations spatiales, simplement parce qu'elles les regroupent toutes sous un même tableau (Kosslyn, 1983). En somme, la visualisation spatiale permet la simulation mentale de ce qui pourrait survenir en réalité (voir DeLisi et al., 1976).

C'est ainsi que la conception moderne des champs électriques et magnétiques a pris naissance dans l'esprit de Michaël Faraday qui l'a découverte par le processus de la visualisation (Shepard, 1978).

De la même manière, Albert Einstein a élaboré sa théorie de la relativité en se visualisant lui-même voyageant sur un rayon lumineux

(186 000 milles/seconde). Pour lui, la visualisation était comme "une image plus ou moins claire qui peut être volontairement reproduite et/ou combinée" (cité dans Shepard et Cooper, 1982). Enfin, le chimiste allemand F.A. Kékulé a découvert la structure moléculaire du benzène en visualisant sa manipulation dans l'espace (Findlay, 1948 cité dans Shepard, 1978).

Étant l'élément commun des découvertes scientifiques parmi les plus significatives de notre histoire, cette capacité à "voir mentalement" les choses est d'une importance cruciale pour le dessinateur-concepteur. C'est pourquoi, une étude plus poussée de cette habileté spatiale se veut un préalable indispensable à l'élaboration d'un modèle d'enseignement qui en favoriserait directement le développement.

Les efforts précédents ont eu pour objectif de situer la visualisation spatiale dans le cadre général du phénomène de la cognition. Ceux qui vont suivre viseront à identifier plus précisément les mécanismes ou les processus en opération lors des activités d'imagerie, dont la visualisation en constitue la manifestation volontaire.

Dans un premier temps, ce chapitre aborde les particularités de la visualisation spatiale en tant que manifestation cognitive, et dans un deuxième temps, s'affaire plus spécifiquement à l'étude en

profondeur des habiletés spatiales et de leurs caractéristiques respectives.

Images mentales: Les multiples recherches réalisées dans le domaine de la cognition spatiale mènent relativement toutes à la conclusion que l'imagerie mentale ne résulte pas uniquement d'une seule habileté, mais plutôt d'un ensemble d'habiletés distinctes, ordonnées, et complémentaires (Kosslyn, 1980, 1983: Kosslyn et al., 1984: Farah, 1984).

Elles peuvent être identifiées et classées dans l'ordre de succession temporel suivant: (1) l'habileté à générer une image mentale, (2) l'habileté à en maintenir la netteté, et finalement (3) l'habileté à la manipuler mentalement (Kosslyn, 1983).

L'image mentale (telle que définie au chapitre précédent) étant l'aspect interne d'un schéma perceptuel, contient par le fait même l'information anticipée qui guiderait la recherche de nouvelles données à partir d'un point de vue particulier (Pinker, 1984). Plus une personne aura développé de schémas d'anticipations différents, plus elle pourra percevoir de nouvelles informations, les traiter, et les emmagasiner. La quantité et la qualité des images mentales sont donc intimement reliées à un "corpus de schémas d'anticipations disponibles" (Olson et Bialystock, 1983).

La génération d'une image requiert d'aller chercher les informations nécessaires dans la mémoire à long terme et de les traduire en un pattern visuel dans le médium mental. Ces informations déjà encodées séparément selon leurs natures respectives, sont rappelées individuellement et agencées par la suite en une représentation globale, sous la forme d'une image mentale (Lunkenbein et al.: Kosslyn, 1983).

Rappelons que le médium mental est cet "endroit" ou "tampon visuel", où l'information sous ses différents formats (i.e. pictural et propositionnel) est représentée. Il se situe au niveau de la mémoire à court terme (Oléron et Baudonnière, 1976: Block, 1981: Kosslyn, 1980, 1983: Farah, 1984: Pylyshyn, 1985). Le temps requis pour y générer une image mentale et l'importance de l'effort pour en maintenir la netteté est fonction de la quantité d'éléments qui y sont représentés et de la complexité de leurs caractéristiques (Beech et Allport, 1978 cités dans Shepard et Cooper, 1982: Block, 1981: Kosslyn, 1980, 1983).

Selon les recherches de Kosslyn (1980) et de ses collaborateurs, il est plus facile de générer une forme à partir de plusieurs éléments que l'on regroupe par la suite, que de tenter de générer cette même forme en un seul essai. La première unité étant générée, elle peut être maintenue tandis que la deuxième est générée. Ces deux unités s'amalgament entre elles et ne forment plus qu'une seule à maintenir. C'est pour cette raison que la génération d'une image doit se faire par partie.

Par exemple, l'effort global nécessaire pour la génération d'une forme carrée sera moins considérable si cette opération s'effectue à partir de quatre segments de droite générés consécutivement, plutôt qu'à partir d'une seule forme complètement carrée (Kosslyn, 1983). La meilleure façon de générer et de maintenir le plus d'informations possibles dans une image est, comme il a été expliqué plus haut, de l'organiser en unités. Par exemple, une molécule très complexe est plus facile à se rappeler en la mémorisant en sections plutôt qu'en essayant de se rappeler son contenu entier, d'un seul coup (Shepard et Cooper, 1982; Kosslyn, 1980, 1983).

En ce qui concerne le maintient de l'image, il est rendu possible grâce à un processus de regénération de l'image initialement générée. Ce processus réactive constamment l'information qui se situe dans le médium mental. Étant donné que ces informations se situent au niveau de la mémoire à court terme, l'apogée de leur vivacité sera de très courte durée. De façon à conserver une netteté optimale des détails représentés, il est alors nécessaire de procéder à une réactivation fréquente des informations (Kosslyn, 1980).

Or, cette capacité de regénération ou de réactivation n'étant pas illimitée, plus la quantité d'informations à maintenir est élevée, plus longue est l'attente entre la réactivation de chacune. Conséquemment, il peut advenir que certaines régions du médium mental flétrissent et deviennent floues. Cela ne signifie pas pour autant que ces informations sont perdues, mais plutôt qu'elles sont en attente

(Kosslyn, 1980). La zone de netteté étant limitée, en déplaçant votre centre d'attention, vous aurez de nouveau accès à des détails qui s'étaient alors évanouis tandis que d'autres s'affaibliront graduellement.

Pendant que cette image mentale est maintenue dans le tampon visuel, le sujet peut l'examiner attentivement à l'aide de ce qu'on pourrait appeler son "oeil intérieur", de la même façon qu'il peut scruter une scène du monde extérieur. Comme l'imagerie et la perception visuelle partagent les mêmes structures, la forme du champ visuel anticipé, correspond donc à celui qui serait perçu par le sujet (Finke et Kosslyn 1980, cités dans Kosslyn, 1983).

Par exemple, si vous visualisez ce à quoi ressemble votre salon à partir d'un point de vue particulier, l'étendue de l'espace physique que vous vous représentez mentalement correspondra au champ visuel qui serait normalement couvert par vos yeux en situation de perception directe. Dans ce sens, Pinker (1980, cité dans Kosslyn, 1983) a démontré que le temps de balayage (balayage est la traduction du terme anglais "scanning") du champ de(s) représentation(s), c'est-à-dire le temps que vous prenez pour explorer toute l'étendue de l'image mentale générée, s'accroissait proportionnellement en fonction de la distance physique qui aurait normalement été perçue par le sujet. Le temps requis pour balayer de part en part cette image mentale est également fonction de la quantité et de la complexité des formes représentées (Kosslyn, 1983).

Dans le tampon visuel, la mise en place simultanée de plusieurs schémas d'anticipations et d'orientations permettent de percevoir un objet en mouvement dans l'espace. Ce processus d'anticipation peut aussi se limiter volontairement à son aspect interne, c'est-à-dire à la visualisation. Tout comme ce tampon visuel rend possible la représentation d'objets fixes, il permet également la représentation d'objets en mouvement.

Les images mentales, se retrouvant à un niveau interne de l'esprit, ne sont pas soumises directement aux lois naturelles qui régissent le plan des phénomènes physiques, telle la loi de gravitation terrestre ou celles de l'espace tridimensionnel dans lequel nous vivons (Kosslyn, 1983). Elles ne sont pas observables comme peuvent l'être les objets matériels ou événements extérieurs, pas plus qu'elles ne peuvent être réellement touchées, entendues, ou senties par leurs organes de perception respectifs (Block, 1982).

Ces représentations mentales correspondent à un état interne particulier. Elles ne reproduisent jamais une réplique intégrale des événements ou des objets physiques antérieurement perçus, mais plutôt leur équivalent structural (Arnheim, 1974 cité dans Olson et Bialystock, 1983).

Cependant, comme ces images sont le fruit de données recueillies et emmagasinées à partir des interactions du sujet avec son environnement, elle sont nécessairement dépendantes de ce que le sujet

a déjà intégré dans le passé. Il n'est pas surprenant que notre connaissance des lois de l'imagerie est d'être une simulation d'événements possibles du monde réel (Kosslyn, 1980, 1983).

Nos expériences visuelles se font en premier lieu avec des objets communs et de dimensions moyennes. Cela implique que certaines vitesses typiques d'accélération, de décélération, et de formes de trajectoires sont plus communes que d'autres (Block, 1981). En conséquence, l'imagerie mentale utilisera ces mêmes schémas d'anticipations et d'orientations pour simuler mentalement les déplacements d'objets et leurs transformations dans le tampon visuel; d'où l'influence de l'expérience individuelle et de son importance dans la réalisation d'apprentissages (voir Piaget et Inhelder, 1966: Pylyshyn, 1985).

En somme, la capacité d'une personne à "voir mentalement" ne relève pas simplement d'une "habileté générale à l'imagerie", mais plutôt d'un ensemble de processus qui chacun à leur manière, en influence la manifestation. Cette personne peut avoir un mécanisme de génération très puissant, mais une capacité de maintien médiocre. L'inverse et toutes les combinaisons sont également vraies. C'est pourquoi, lors de batteries de tests mesurant les habiletés spatiales, deux personnes peuvent obtenir un même pointage, mais pour des raisons très différentes (Cooper et Shepard, 1982: Kosslyn, 1983).

Le dessinateur (ou dessinatrice) qui visualise ce qu'il anticipe de reproduire graphiquement doit, de par la nature même de sa

spécialité, être capable de générer l'image mentale la plus claire et précise possible de l'objet technique qu'il conçoit, de maintenir cette image assez longtemps pour permettre son inspection, et les corrections qui s'imposent.

Un dessin technique nécessitant la représentation graphique d'une forme selon des points de vue normalisés, la personne qui le réalise doit donc être en mesure d'imaginer les mouvements et les transformations d'un objet dans l'espace; un objectif très difficile à atteindre sans entraînement préalable.

La visualisation d'un objet n'est pas et ne sera jamais l'équivalent de tout ce que peut apporter une perception directe des objets. Mais dans le cas de la conception d'un appareil qui n'existe pas encore matériellement ou qui n'est pas disponible pour observation, elle n'en demeure pas moins le seul substitut valable. La capacité de se représenter un objet à partir de différents angles de perception étant l'élément central du dessin technique, la section suivante sera donc entièrement consacrée à l'étude spécifique des manipulations et des transformations mentales.

Habiletés spatiales: L'espace dans lequel nous vivons en est un à trois dimensions, c'est-à-dire qu'il peut être situé par rapport à trois plans perpendiculaires entre eux. Toute chose occupe un certain espace qu'on appelle "volume". Le volume d'un objet est caractérisé par une certaine longueur, hauteur et profondeur.

Chacune de ces caractéristiques est évaluée selon une échelle située sur un plan et dont l'origine représente le point de référence. Ces trois échelles se rencontrent en un point d'intersection que l'on nomme "origine". Il représente le point de référence pour l'évaluation des dimensions d'un volume.

Tout élément se retrouvant dans l'espace tridimensionnel occupe une position dont l'éloignement par rapport au point d'origine peut être évalué sur l'échelle respective à chaque plan. Cette distance, selon le vocabulaire de la géométrie, est appelé une "coordonnée". Le lieu géométrique d'un point dans l'espace nécessite donc une coordonnée par plan. Pour en faciliter la représentation, chaque plan est identifié par un axe. Ce système d'axes XYZ constitue le cadre de référence spatial de tout objet (tel qu'illustré à la figure 5) (Olson et Bialystock, 1983; voir aussi Pinker, 1984).

Les déplacements d'un point ou d'un objet dans l'espace se font en fonction de ces trois axes de référence. Ces mouvements se répartissent en deux grandes catégories: (1) les translations, et (2) les rotations.

Une translation simple est un déplacement qui s'effectue le long d'un seul axe, tandis qu'une translation combinée implique un déplacement simultané le long de deux ou trois axes (déplacements obliques). Parallèlement, une rotation simple est une révolution de

l'objet autour d'un seul axe, et une rotation combinée résulte d'une révolution simultanée autour de deux ou trois axes.

L'espace tridimensionnel permet donc jusqu'à six mouvements élémentaires différents, c'est-à-dire trois en translation et trois en rotation, qui peuvent se manifester simultanément en une infinité de combinaisons et d'orientations possibles (voir figure 6). C'est ce qu'on appelle les "six degrés de liberté" de l'espace (Shepard et Cooper, 1982).

L'humain perçoit les objets à l'aide de schémas d'anticipations qui sont adaptés à cet espace tridimensionnel. Ils lui permettent d'anticiper les formes volumétriques et leurs déplacements dans l'environnement, ainsi que ceux de son propre corps.

De même, l'imagerie mentale utilise ces schémas d'anticipations et d'orientations pour simuler les mouvements d'un objet dans l'espace visualisé: dans ce qui a été appelé le "tampon visuel" (Shepard, 1975). Cependant, cet espace ne possède pas les caractéristiques de l'espace tridimensionnel; il est plutôt régi par leurs représentations qui agissent en tant que structures de manifestations (Pylyshyn, 1985).

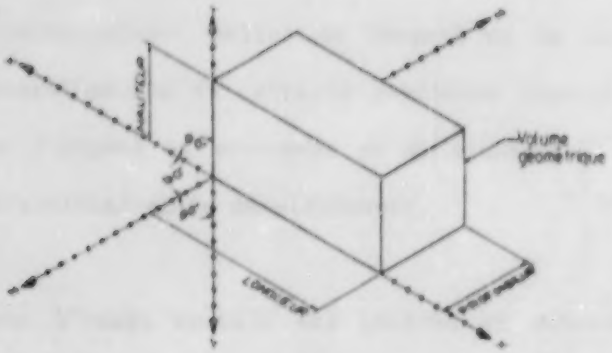

Figure 5. Cadre de référence XYZ

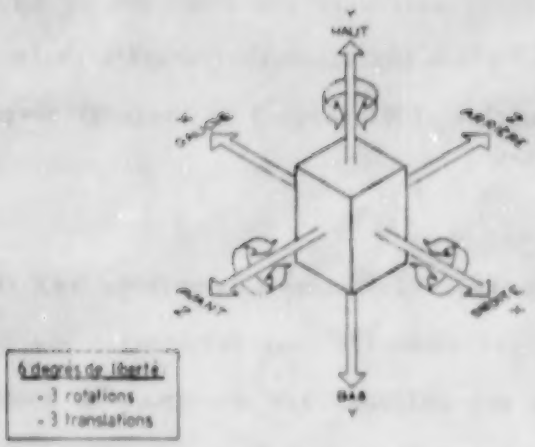

Figure 6. Les six degrés de liberté d'un corps dans l'espace tridimensionnel.

Les nombreuses recherches dans le domaine des manipulations spatiales, tout spécialement celles de Shepard et de ses collègues, ont mené à l'identification de certains processus cognitifs reliés à la visualisation d'objets en mouvement et de plusieurs variables qui en influencent l'activité et le développement.

Une fois que l'image mentale est générée et maintenue dans le tampon visuel, le sujet est alors en mesure de la mettre en mouvement. Le processus interne qui en est responsable opère de façon à déplacer l'objet visualisé le long d'une trajectoire. Ces déplacements s'effectuent en très petites séquences (d'au plus 30 degrés/séquence dans le cas d'une rotation) qui permettent ainsi la conservation de la structure essentielle de l'objet jusqu'à ce qu'il ait atteint la position finale désirée par celui qui visualise.[5] Ce processus peut être vu comme une série d'états intermédiaires entre le point de départ et le point d'arrivée (Shepard et Cooper, 1982: voir aussi Poltrock et Brown, 1984).

Cependant, si cet ajustement séquentiel est trop grand, l'objet perd graduellement ses caractéristiques structurales, provoquant ainsi des difformités dont l'importance est fonction des pertes encourues (Shepard et Cooper, 1982: voir aussi Strauss-Marmor, 1975).

---

[5]Neisser (1976) considère que la vitesse avec laquelle un objet sera manipulé mentalement est fonction du niveau de développement des schémas d'anticipations et d'orientations du sujet (voir aussi Pylyshyn, 1985).

Ces difformités surviennent également quand l'image à manipuler est trop complexe. Dans ce cas, le cerveau se restreint aux caractéristiques plus générales de l'objet visualisé. La structure de cet objet apparaît alors comme ayant perdu sa rigidité, comme si l'objet était devenu en caoutchouc (Shepard et Cooper, 1982).

La complexité de l'image mentale à générer est le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs. Parmi ces facteurs, on retrouve: la quantité d'arêtes saillantes par objet, la quantité et la netteté des objets ou des formes à visualiser en même temps, ainsi que la complexité de ces formes (illustrés à la figure 7) (voir Shepard et Feng, 1972: Shepard et Cooper, 1982).

Dans le cas de la visualisation d'un objet en mouvement, les difficultés, qui incluent celles reliées au processus de la génération d'une image fixe, se situent aux niveaux des types de translations et de rotations effectuées, ainsi que de la longueur et de la complexité de la trajectoire à suivre. C'est pourquoi la visualisation d'un objet en mouvement exige plus de temps et d'effort que celle d'un objet fixe (Shepard et Cooper, 1982).

Comme il a été mentionné à plusieurs reprises, la visualisation spatiale, qui simule mentalement les mouvements d'un objet dans l'espace, correspond au processus d'anticipation en activité lors de perceptions réelles.

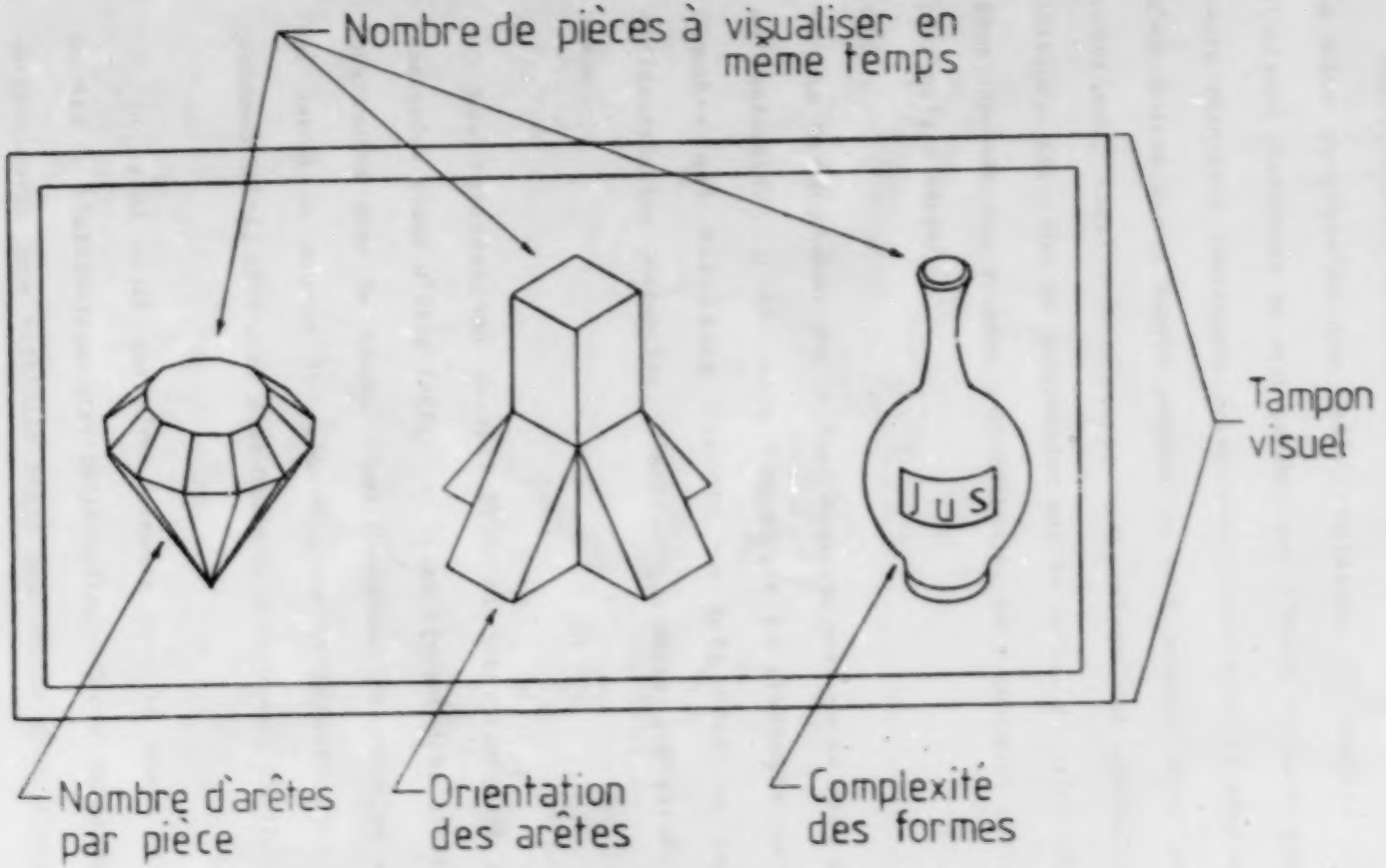

Figure 7. Complexité d'une image mentale.

Conséquemment, le développement de cette habileté se réalise selon la même progression que celle régissant le domaine perceptif. Plusieurs chercheurs se sont penchés sur l'étude de cette progression. Leurs résultats convergent relativement tous dans la même direction, c'est-à-dire que l'humain perçoit en tout premier lieu, les traits verticaux, ensuite les traits horizontaux, et enfin, les traits obliques. Cet ordre de progression est le reflet de celui régissant le développement des schémas anticipateurs. Mais pourquoi cette séquence plus qu'une autre?

Le développement des schémas anticipateurs ne se fait pas du jour au lendemain. Il nécessite l'acceptation graduelle de nouvelles données qui viendront élargir ou améliorer la capacité de différentiation perceptive. C'est un processus qui prend un certain temps.

Les informations potentielles de l'environnement devant être remarquées avant d'être intégrées; elles devront donc apparaître comme invariantes dans le temps. C'est justement ce principe d'invariance qui est à la source du processus de différentiation perceptive (Johnson-Laird, 1976 cité dans Olson et Bialystock, 1983).

Or, tout objet que l'on retrouve dans le monde extérieur est soumis à l'attraction gravitationnelle. Cette force agit toujours verticalement (une verticale étant une droite dont l'origine est le

centre de la planète) et impose sans distinction sa loi sur tout corps se situant sur sa surface.

C'est ainsi que le jeune enfant parvient en premier à différencier de l'indifférencié, les caractéristiques à prédominance verticale car elles se retrouvent partout et en tout (Schaller et Harris, 1976 cité dans Olson et Bialystock, 1983; voir aussi Pinker, 1984). Mais pourquoi les traits horizontaux avant les obliques?

C'est une autre conséquence de l'attraction terrestre. Comme toutes les parties d'un objet sont soumises à cette loi, elles ont tendance à se laisser attirer vers le sol si rien ne s'y oppose, d'où l'origine de la nécessité d'une stabilité. Le principale d'équilibre le plus simple est que la base d'un objet soit à prédominance horizontale. Ce principe étant présent dans presque toutes les formes de l'environnement, la différentiation des caractéristiques horizontales suivra de très près celle des verticales.

Enfin, les obliques n'étant pas absolument verticales ou horizontales, ou étant plutôt une combinaison des deux, leur différentiation ne sera effective qu'après celle des deux premières (Palmer et Arnheim, 1974 cités dans Olson et Bialystock, 1983).

Étant donné que les schèmas perceptuels sont en continuelle progression, les traits verticaux seront toujours différenciés avant les horizontaux, et les horizontaux avant les obliques. Il en est de

même au niveau des mouvements dans l'espace: les mouvements dont la trajectoire est verticale seront perçus en premier, suivis des horizontaux, et finalement des obliques (Olson et Bialystock, 1983).

Parallèlement, cette progression aura les mêmes répercussions au niveau du développement de la capacité de visualisation d'objets en mouvement. Une personne parviendra à maîtriser les translations mentales verticales avant les horizontales, et les horizontales avant les obliques (qui sont des translations combinées de l'horizontale et de la verticale) (Shepard et Cooper, 1982: voir aussi Dolle et al., 1973-1974). Comme ces translations ne provoquent aucune déformation au niveau des formes visualisées, elles seront maîtrisées avant les rotations (voir l'exemple présenté à la figure 8).

En effet, lorsqu'un objet pivote sur lui-même, ses traits apparaissent comme s'allongeant et/ou se rétrécissant relativement à l'observateur fixe. Ces variations de longueurs et de formes, combinées avec le plan dans lequel elles se manifestent, représentent ce qui influencera la maîtrise graduelle de cette habileté (voir l'exemple du cube en rotation, figure 9).

Les rotations autour de l'axe Z sont maîtrisées en premier. Ceci est dû au fait que les traits verticaux et horizontaux, même s'ils se transforment cycliquement en traits obliques, ne subissent aucune variation de dimension ou de forme.

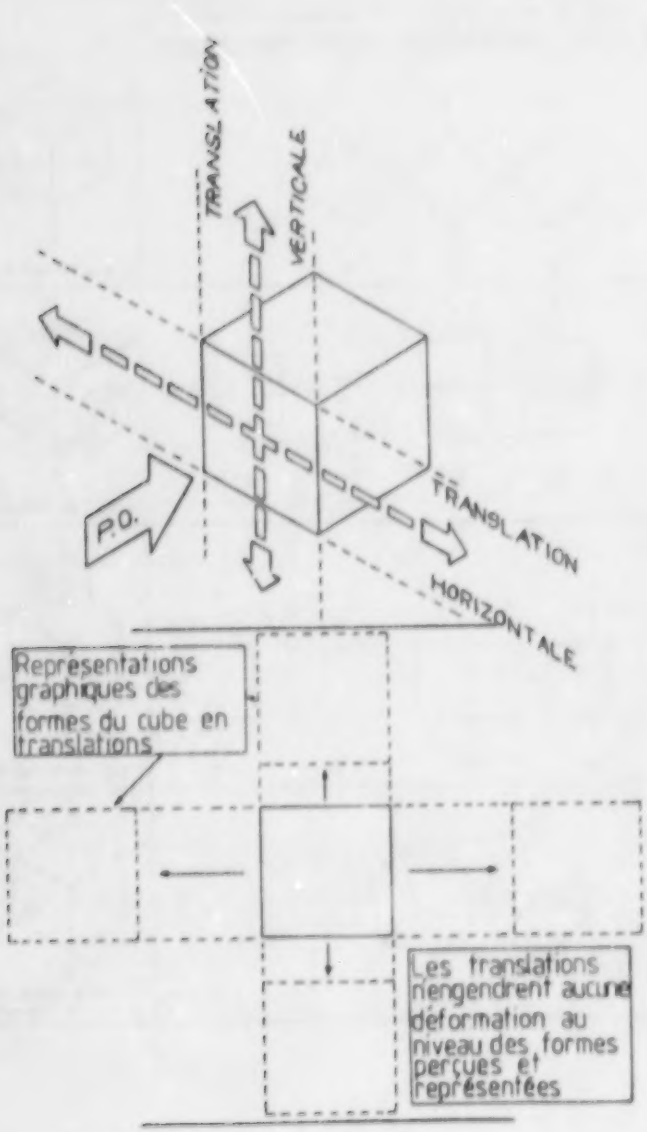

Figure 8. Les trois types de translations élémentaires.

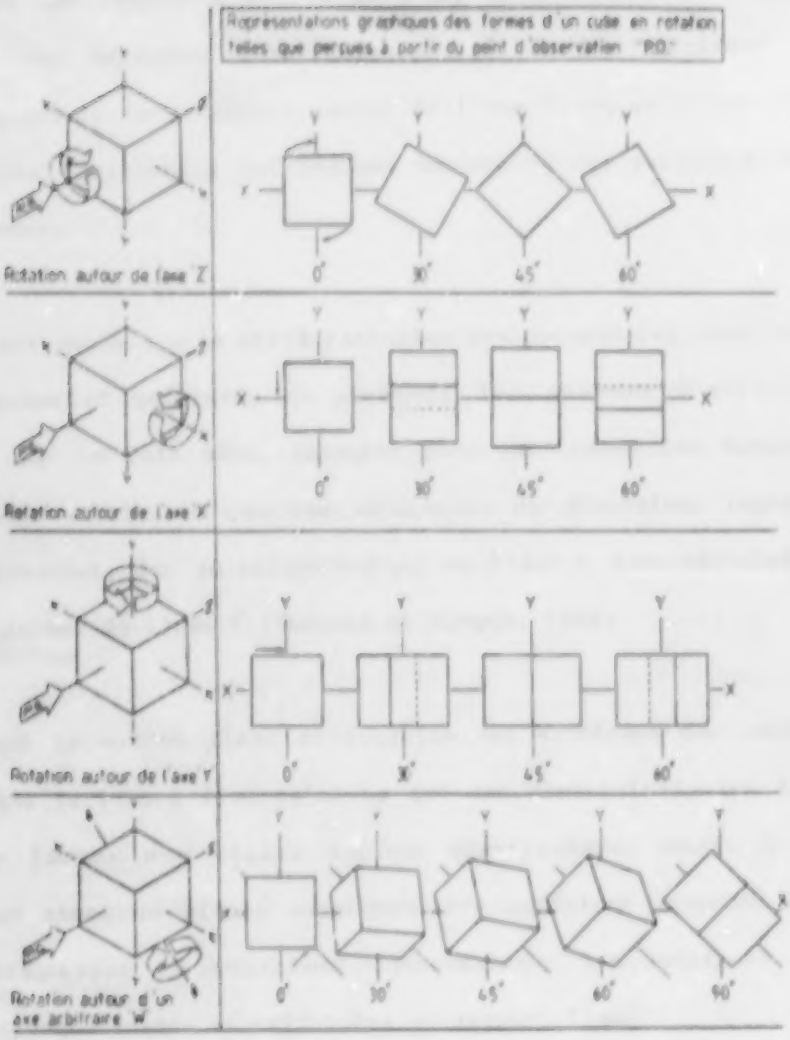
Représentations graphiques des formes d'un cube en rotation telles que perçues à partir du point d'observation "PO"
Rotation autour de l'axe Z
Rotation autour de l'axe X
Rotation autour de l'axe Y
Rotation autour d'un axe arbitraire "W"
0°
30°
45°
60°
90°

Figure 9. Variation des formes d'un solide géométrique en fonction de divers types de rotations relatives à un point d'observation fixe.

Dans les rotations autour de l'axe X, les dimensions des traits horizontaux demeurent invariantes et celles des verticaux varient, tandis que lors de rotations autour de l'axe Y, ce sont les dimensions des traits horizontaux qui varient et celles des verticaux demeurent invariantes.

Étant donné que la différentiation des caractéristiques verticales est acquise et maîtrisée en premier, les schémas d'anticipations peuvent par le fait même, accepter plus facilement les variations de dimensions verticales que les variations de dimensions horizontales. C'est pourquoi, les rotations autour de l'axe X sont maîtrisées avant celles autour de l'axe Y (Shepard et Cooper, 1982).

Dans le cas où l'axe de rotation est différent des axes X,Y, ou Z, ce qui revient à dire qu'il en est une combinaison, les dimensions et les formes des traits varient simultanément toutes à la fois, exigeant ainsi un effort supplémentaire supérieur à celui des trois premiers types de rotations élémentaires. Les rotations combinées seront donc acquises et maîtrisées en dernier lieu.

Dans les cas précédents, l'axe de rotation se situait au centre de l'objet. La personne n'avait qu'à le visualiser tel qu'elle l'aurait perçu visuellement, sans se soucier de l'environnement qui entoure cet objet. Mais cet axe peut également se localiser à l'extérieur de l'objet. L'étendue du champ visuel tout comme sa représentation dans le médium mental étant limitées, l'ampleur du

mouvement de rotation qui en résulte nécessite alors une réduction de l'échelle de la représentation mentale générée. Ceci est dû au fait que pour pouvoir visualiser le mouvement en entier, le sujet est obligé d'éloigner son point d'observation (voir l'exemple d'une rotation excentrique, figure 10).

Par exemple, dans une situation de perception directe, si vous désirez observer une voiture de course tout au long de son parcours, vous devez vous éloigner jusqu'à ce que vous soyez à une distance suffisante pour que la piste de course en entier apparaisse dans votre champ visuel. Il en est de même au niveau de la visualisation de cette scène. Vous devrez faire en sorte que votre "point d'observation" soit suffisamment éloigné pour que l'étendue de l'image mentale générée couvre l'espace désirée.

Cet éloignement exige cependant de prendre en considération les éléments qui composent le cadre de référence.[6] La personne ne devient alors qu'un de ces éléments. Cette tâche d'éloignement implique une décentration de la part du sujet; c'est-à-dire qu'il doit accepter le fait qu'il n'est plus le centre du monde, mais un élément parmi tant d'autres. La variation du rayon de giration aura donc un effet direct sur l'éloignement nécessaire pour percevoir ou visualiser un mouvement de rotation excentrique.

---

[6]Lors de la perception, le cadre de référence correspond à l'espace environnant.

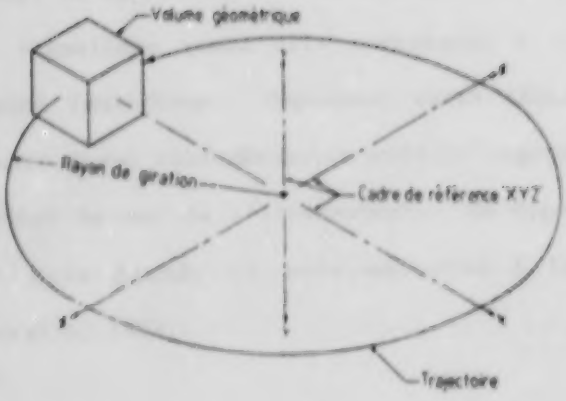

Figure 10. Rotation excentrique.

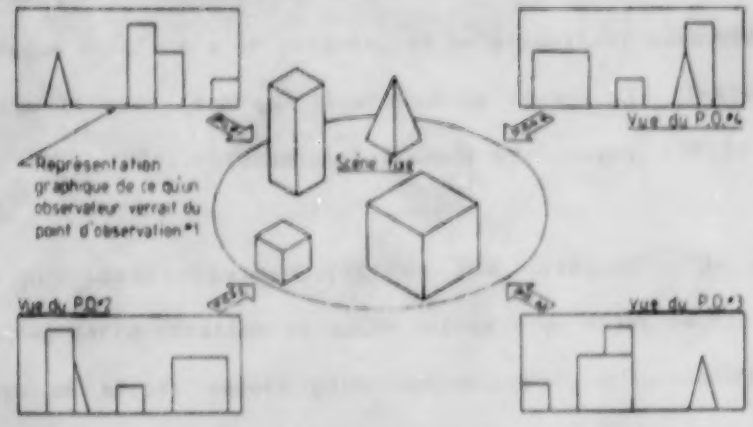
Représentation graphique de ce qu'un observateur verrait du point d'observation n°1
Scène fixe
Vue du P.O.n°6
Vue du P.O.n°7
Vue du P.O.n°1

Figure 11. Déplacement d'un observateur autour d'une scène fixe.

Étant donné que le tampon visuel est globalement le reflet du champ visuel habituel, la représentation du mouvement qui y prend place est plus facile à visualiser quand elle correspond à un mouvement d'objets de grosseurs familières. Cependant cette tâche devient de plus en plus difficile quand elle nécessite soit le rapprochement soit l'éloignement du point de vue de l'observateur. Ce type de rotation exigeant un effort plus grand, il sera maîtrisé à la suite des précédents (voir Kosslyn, 1983).

L'ordre de progression du développement des rotations dont l'axe se situe à l'extérieur de la pièce (rotations excentriques) est le même que celui qui s'applique aux rotations dont l'axe était au centre de l'objet (rotations concentriques).

Enfin, un dernier type de rotation doit être pris en considération, c'est celui où l'objet reste fixe par rapport au cadre de référence et c'est à la personne de se visualiser elle-même en train d'en faire le tour (tel qu'illustré à la figure 11) (Huttenlocher et Presson, 1973, 1979: voir aussi Jolicoeur et Kosslyn, 1983).

En plus des exigences reliées aux catégories de mouvements précédents, cette rotation du sujet autour d'un objet ou une scène fixe nécessite un effort encore plus astreignant, c'est-à-dire que la personne doit parvenir à s'extraire complètement de la position qu'elle occupe, de façon à être en mesure de "voir" la pièce selon le point de vue désiré (Cox, 1978: Hardwick et al., 1976: Hoy, 1974: Piaget et

Inhelder, 1966: Pufall et Shaw, 1973: Shantz et Watson, 1971: Shepard et Hurwitz, 1984).

Cette tâche, qui est encore bien souvent difficile à réaliser même à l'âge adulte, correspond à ce que Cassirer (1957, cité dans Olson et Bialystock, 1983) a désigné par "la crise de conscience spatiale". Cette troisième catégorie de rotations, sujette à la même progression que les précédentes (concentriques et excentriques), sera acquise et maîtrisée en tout dernier lieu.

En somme, pour parvenir à un développement optimal de l'habileté à visualiser les objets en mouvement, la personne doit non seulement avoir en réserve une bonne quantité de schèmes d'anticipations et d'orientations acquis antérieurement, mais doit aussi être en mesure de s'en servir de façon volontaire. Ce qui est implicite à la perception doit être rendu explicite dans la visualisation.

Cela demande un entraînement qui appliquera au niveau de l'imagerie, l'ordre de progression qui a été identifié dans cette section, soit: (1) les translations verticales; (2) les translations horizontales; (3) les translations obliques; (4) les rotations concentriques respectivement autour des axes Z, X, Y, et d'un axe arbitraire; (5) les rotations excentriques (Z,X,Y, et axe arbitraire); et finalement (6) les rotations d'un observateur autour d'un objet fixe (Z,X,Y, et axe arbitraire). Par conséquent, ce développement optimal devra constituer une ligne directrice du modèle d'enseignement qui sera élaboré dans le prochain chapitre.

CHAPITRE IV

APPLICATION A L'ENSEIGNEMENT DU DESSIN TECHNIQUE

L'étude des chapitres précédents a permis l'identification de plusieurs structures et processus qui régissent le phénomène de la cognition, englobant notamment ceux de la perception, du traitement de l'information, et de l'imagerie mentale.

La perception et possible par la mise en place de schémas d'anticipations et d'orientations qui ont pour mandat de "prendre au filet" les informations désirées. La sélection de ces données est fonction de ce que l'environnement potentiel peut fournir, de ce sur quoi l'attention est dirigée, et de ce qui est significatif pour celui qui perçoit. Plus ces données seront significatives, plus elles attireront l'attention.

Les nouvelles informations viendront graduellement perfectionner les schémas qui ont permis leur perception, augmentant ainsi la capacité de différentiation perceptive, qui se traduira par la suite en une cueillette encore plus fructueuse. Son développement est donc progressif et son taux de croissance est inhérent à l'expérience du sujet.

Les informations rendues disponibles par le processus perceptuel sont traitées selon leur nature pour ensuite être classées en mémoire.

La différentiation perceptive permet l'élargissement de concepts déjà existants ou l'identification de nouveaux. La perception, le traitement de l'information et l'emmagasinage en mémoire sont des processus qui opèrent en étroites relations; le développement de l'un influençant directement celui des deux autres.

L'imagerie mentale survient quand un retard s'établit entre l'anticipation de l'information et sa cueillette effective. Un retard volontaire donne naissance au processus de visualisation. Ce retard est obtenu en réduisant au minimum l'affluence d'informations extérieures. On y parvient soit (1) en "fixant" notre attention sur un point précis se situant dans un champ visuel stable et sans mouvement, comme par exemple regarder au plafond ou se concentrer sur une tête de clou qui ressort du mur en face de nous, soit (2) en fermant carrément les yeux.

Étant essentiellement une activité d'anticipation, elle permet de simuler mentalement ce qui pourrait survenir dans le monde réel. Ainsi, un garagiste expérimenté peut déterminer les éléments défectueux du moteur de votre automobile à partir de la visualisation des problèmes que vous lui décrivez (et vous, pouvez en visualiser la facture !!!). Le médecin qui ausculte l'abdomen de son patient visualise les régions qu'il palpe, et peut déterminer si c'est au foie, à l'estomac, ou à la rate que la douleur est ressentie. Vous remarquerez que bien souvent il ne regarde même pas les endroits qu'il inspecte, préférant fixer son attention ailleurs ou fermer les yeux et se fier à ce qu'il visualise.

Cependant, si vous croyez que les ananas poussent dans les arbres, vous vous visualiserez certainement en train de grimper pour pouvoir en cueillir, alors qu'en réalité, ils poussent au ras du sol. De même, si vous pensez que le bicarbonate de soude (de la "petite vache") se mélange au vinaigre comme du sucre dans l'eau, vous visualiserez ce mélange comme clair et inerte, alors qu'en réalité ils produiront ensemble une réaction chimique qui se manifestera par un bouillonnement intense. Ce qu'une personne peut visualiser est donc limité à son expérience dans ce monde et à la connaissance qu'elle en a retirée.

Le processus qui est à la base de la visualisation spatiale est composé de trois habiletés ordonnées et non-permutables, soit: (1) la génération de l'image mentale, (2) son maintien, et (3) sa manipulation (pour un rappel, voir la section du chapitre III intitulée "Images mentales"). En conséquence, l'état du développement de la capacité de visualisation spatiale ne parviendra à un niveau optimal d'efficacité qu'à partir du moment où les trois habiletés qui lui sont sous-jacentes seront pleinement maîtrisées.

Variables développementales: L'état des recherches actuelles dans le domaine de la cognition spatiale permet l'identification de plusieurs variables qui affectent le développement de la capacité de visualisation au niveau d'une habileté particulière ou de chacune d'entre elles. Les variables développementales identifiées agiront comme fil conducteur pour l'élaboration des stratégies d'enseignement.

Génération de l'image mentale: La quantité de schémas d'anticipations et d'orientations influe directement sur ce que le système perceptuel pourra discriminer dans l'environnement. Ces schémas étant interprénétrés avec la signification de ce qu'ils recherchent, plus le vocabulaire désignant les caractéristiques de formes ainsi que celui traduisant les relations inter-caractéristiques seront élaborées, plus élevée en sera la capacité de différenciation perceptive du sujet (Olson et Bialystock, 1983).

L'association entre ces caractéristiques et les termes qui les désignent aura pour effet d'en faciliter la représentation mentale. L'enrichissement de ce vocabulaire, combiné avec l'expérience perceptive correspondante, constituent les éléments fondamentaux du développement de l'habileté à générer une image mentale (voir un exemple de ce vocabulaire à la figure 12).

De plus, l'image mentale d'objets simples étant plus facile à générer que celles d'objets complexes; la stratégie de développement de cette habileté devra procéder par complexité graduelle. Rappelons brièvement que la complexité d'une image à visualiser (déjà illustrée à la figure 7) est déterminée par:

- l'orientation des arêtes/ par objet;
- la quantité d'arêtes/ par objet;
- la complexité des formes/ pour chaque objet;
- la quantité d'objets à visualiser en même temps.

1- Vocabulaire de formes (planes):	droite, courbe, segment de droite, cercle, carré, triangle rectangle, ellipse, rectangle trapèze, etc...
2- Vocabulaire de formes (volumes):	sphère, cube, cône, pyramide, cylindre, prisme triangulaire, convexité, concavité, etc...
3- Vocabulaire de relations:	angle, perpendiculaire, parallèle, symétrie, bissectrice, médiane, tangente, etc...
4- Vocabulaire d'orientations:	verticale, horizontale, oblique, pente, composante angulaire, plan de référence, etc...
5- Vocabulaire de mouvements:	translation, rotation, concentrique, excentrique, mouvement hélicoïdal, cycle, distance, trajectoire, vitesse, etc...

Figure 12. Exemple d'un vocabulaire spatial.

Il est à noter que le manque d'arêtes saillantes et/ou de caractéristiques de formes très précises augmentent également la complexité de l'image mentale à visualiser (comme par exemple: le cas d'objets difformes ou très fluides) (Shepard et Cooper, 1982).

Maintien de l'image: La stratégie de développement de l'habileté à maintenir la vivacité des caractéristiques de formes préalablement générées devra être axée principalement sur la visualisation d'objets fixes. Sa progressivité devra respecter également les stades déjà identifiés au niveau de la perception, c'est-à-dire: (1) la discrimination des verticales, (2) celle des horizontales, et finalement (3) celle des obliques. Les schémas d'anticipations responsables de la discrimination perceptive étant forcément développés selon cette séquence, cette situation aura un impact direct au niveau du processus d'imagerie mentale.

La visualisation de traits ou d'objets fixes à prédominance verticale sera donc développée et maîtrisée avant ceux à prédominance horizontale, et de même des horizontaux par rapport aux obliques. Toutefois, cette progression n'est pas linéaire dans le sens qu'un stade est entièrement préalable à un autre, mais plutôt que le niveau de développement de l'un sera toujours en avance sur le suivant, et que la facilité à visualiser un trait ou un objet plus qu'un autre sera fonction de cette avance.

Étant donné que la charge mnémonique est fonction de la quantité d'information à maintenir dans le médium mental, le développement de

cette habilité à maintenir la vivacité des caractéristiques de l'image générée devra aussi procéder par complexité progressive.

Manipulation de l'image: La stratégie de développement de l'habileté à manipuler la représentation mentale d'objets tridimensionnels dans l'espace devra mettre l'emphase sur la visualisation d'objets en mouvement. Ce type de visualisation opère sur des images mentales déjà générées et maintenues dans le tampon visuel. Non seulement les règles relatives aux objets fixes continuent de s'appliquer aux objets en mouvement, mais elles le sont également au niveau de la nature même des déplacements effectués.

Le déplacement de l'objet se fait le long d'une trajectoire qui possède une certaine longueur et une certaine complexité. Pour en faciliter la représentation, le vocabulaire des caractéristiques de formes devra être enrichi avec les termes désignant les particularités des mouvements de base d'un objet dans l'espace.

Les mouvements visualisés se répartissent en deux grandes catégories: (1) les translations, et (2) les rotations. Les translations n'impliquant aucune déformation au niveau des formes de l'objet, elles seront maîtrisées avant les rotations qui elles, en engendrent automatiquement. Dans les deux cas, les mouvements verticaux seront maîtrisées avant les horizontaux, et les horizontaux avant les obliques. Les trajectoires courtes le seront avant les longues, et les simples avant les complexes.

Comme il a été indiqué dans le chapitre précédent, les mouvements impliquant les rotations se divisent en trois catégories:

1- celles où l'observateur est fixe et l'objet pivote autour d'un axe qui se situe au centre de cet objet (rotations concentriques: pour un rappel, voir la figure 9);

2- celles où l'observateur est également fixe mais où l'objet pivote autour d'un axe qui se situe à l'extérieur de cet objet (rotations excentriques: déjà illustrées à la figure 10);

3- celles où les objets sont fixes et où l'observateur a à se visualiser en train de se déplacer tout autour (tel que déjà présenté à la figure 11).

Impliquant une décentration graduelle, elles sont acquises et maîtrisées dans cet ordre. Les deux dernières catégories impliquent une variable additionnelle; le rayon de giration. Il détermine l'éloignement de l'objet par rapport à son point d'observation.

L'éloignement le plus simple à visualiser est celui qui se rapproche le plus de la situation de perception réelle, tandis qu'une vision microscopique (grossissement) ou macroscopique (vision globale du tout) en augmente la difficulté, indiquant par le fait même la progression à suivre, c'est-à-dire: (1) débuter avec la visualisation d'objets familiers qui cadrent entièrement dans le champ visuel habituel d'une personne, comme par exemple une lampe de bureau, un livre ou un réveil-matin, et (2) poursuivre avec des exemples qui demandent au sujet de rapprocher et/ou d'éloigner graduellement son point d'observation (angle de perception), par la visualisation d'un

édifice, d'une piste de course, d'un système solaire, du mécanisme interne d'une montre, du trou dans la tête d'une épingle à enfiler, ou de l'organisation atomique d'une molécule (pour un rappel, consultez l'item "rotation excentrique" au Chapitre III).

Comme il a été démontré dans le chapitre précédent, chaque catégorie de rotations entraîne des changements dans la position d'un objet par rapport à un point d'observation fixe. Ces changements produisent dans certains cas, des variations de dimensions et/ou de formes dans un ou plusieurs plans de projections à la fois. Étant donné que la visualisation des traits verticaux est maîtrisée avant celle des horizontaux, et les horizontaux avant les obliques, cet ordre de progression se réflètera au niveau de la maîtrise de la visualisation des diverses catégories de rotations. Cet ordre est le suivant:

1- les rotations autour de l'axe 'Z';

2- autour de l'axe 'X';

3- autour de l'axe 'Y';

4- et finalement, autour d'un axe arbitraire dont l'orientation est différente des trois premières.

Toutes ces variables (voir tableau synthèse, figure 13) influencent, d'une manière ou d'une autre, le développement de la capacité de visualisation de la personne. Par conséquent, elles devront être prises en considération lors de l'élaboration des stratégies d'enseignement.

Enfin, tout mouvement composé d'une combinaison de translations et de rotations, et il y en a une infinité, doit se soumettre aux mêmes règles que celles qui viennent d'être énoncées. Quant à savoir si de telles combinaisons impliquent de nouvelles variables particulières, l'état des recherches actuelles ne permet pas de l'infirmer ou de le confirmer. Néanmoins, cela n'empêche pas la possibilité de les expérimenter, quitte à les placer à la fin comme supplément expérimental.

Stratégies d'enseignement: L'élaboration des stratégies d'enseignement se fera à partir de l'ordre de maîtrise des habiletés spatiales à la base de la capacité de visualisation, des stades de progression et des niveaux de complexité qui les régissent, tels qu'identifiés à la section précédente.

La première stratégie vise l'enrichissement du vocabulaire de l'étudiant concernant les termes relatifs aux caractéristiques de formes des objets, et celles concernant les relations entre ces caractéristiques. Lorsque le programme de développement sera rendu à l'étape des manipulations mentales, ce vocabulaire devra être étendu aux caractéristiques des différents mouvements élémentaires possibles dans l'espace tridimensionnel.

MANIPULATION DE L'IMAGE

GÉNÉRATION ET MAINTIEN DE L'IMAGE

- Vocabulaire des caractéristiques de formes et des relations inter-caractéristiques

- Complexité de l'image:
  - orientation des arêtes / objet
  - quantité d'arêtes / objet
  - complexité des formes / objet
  - quantité d'objets à visualiser en même temps

- Vocabulaire des caractéristiques de mouvement dans l'espace

- Types de mouvement:
  - translations: - longueur de la trajectoire
    - complexité de la trajectoire
    - orientation du mouvement

  - rotations:

Observateur fixe
Objet mobile
(rotation concentrique)

- autour de l'axe 'Z'
- autour de l'axe 'X'
- autour de l'axe 'Y'
- autour d'un axe arbitraire

- Rayon de giration

Observateur fixe
Objet mobile
(rotation excentrique)

Observateur en mouvement
Objet fixe

Figure 13. Synthèse des variables développementales.

Dans les deux cas, l'accent sera mis sur l'association de ces termes avec ce qu'ils signifient. Chaque terme devra correspondre à une caractéristique qui peut être expérimentée physiquement. Par exemple, le terme "cube" serait associé avec un cube réel et palpable, tout comme le terme "perpendiculaire" pourrait l'être avec la perception directe de cette relation (voir plan de leçon #1).[7]

Il en serait de même au niveau des déplacements; la démonstration d'un objet pivotant sur lui-même avec le terme "rotation concentrique" et celle d'un objet tournant autour d'un axe se situant à l'extérieur du centre avec le terme "rotation excentrique" (voir plan de leçon #2).[7]

Si de telles démonstrations ne peuvent être réalisées en classe, l'enseignant pourra utiliser un dessin ou une photo les illustrant. Cette alternative n'équivaut pas à une perception directe de l'objet ou du phénomène, mais donne néanmoins une bonne idée de ce que l'étudiant n'a peut être pas la possibilité d'observer dans une classe normale, dans sa ville, ou son pays.

Possédant un vocabulaire spatial très élaboré, cet étudiant sera alors en mesure de mieux discriminer et percevoir les caractéristiques des objets et celles de leurs mouvements, ce qui aura un impact important au niveau de l'imagerie. Il possèdera dès le départ, un élément majeur essentiel à la visualisation des formes et des

---

[7]Pour ne pas alourdir le texte, ces leçons et toutes celles qui seront mentionées en référence, sont regroupées à l'annexe B intitulée "Plans de leçons types".

déplacements d'objets pouvant être décrits directement par les termes de ce vocabulaire ou par leurs combinaisons.

La deuxième stratégie mettra l'emphase au niveau de la réalisation d'exercices pratiques visant à développer la capacité de visualisation d'objets dans l'espace et de leurs représentations graphiques correspondantes.

Or, une personne parvient à raisonner sur des modèles abstraits qu'après avoir réalisé, au fil des ans et non sans difficulté, une série d'apprentissages de plus en plus complexes. Les exercices pratiques devront donc respecter ce processus graduel d'abstraction. Ils suivront une progressivité divisée en six paliers d'abstraction qui s'apliqueront autant au niveau de la visualisation d'objets fixes que de la visualisation d'objets en mouvement.

Pour chaque exercice, l'étudiant devra effectuer la tâche de visualisation demandée et en réaliser la représentation graphique correspondante. S'il s'agit d'un objet fixe, il devra en dessiner les projections orthogonales standards (plan, élévation, profil, et vues auxiliaires si nécessaire). Par contre, s'il s'agit d'un objet en mouvement, l'étudiant le reproduira tel qu'il a été perçu ou visualisé dans les différentes positions occupées entre le point de départ et le point d'arrivée.

Pour chacun de ces paliers, la progression des exercices demandés sera fonction des variables développementales identifiées à la section précédente (et résumées à la figure 13).

Paliers d'abstraction: Le palier #1 se situe au niveau de l'expérience concrète et directe avec l'environnement. Les exercices demandés seront réalisés à partir d'objets matériels et manipulables par l'étudiant (voir plan de leçon #3).

Les exercices du palier #2 devront être réalisés à partir d'objets matériels observables visuellement mais non-palpables. Ces objets seront disposés sur un plateau rotatif dans le cas où l'étudiant reste assis à sa place, et sur un plateau fixe dans le cas où l'étudiant, doit lui-même se déplacer autour (voir plan de leçon #4).

Le palier #3 est sensiblement le même que le précédent, sauf que les objets sont présentés pendant une durée limitée et décroissante. Cela obligera l'étudiant à recueillir le plus d'informations possibles en un temps de plus en plus court (voir plan de leçon #5).

Le palier #4 se distingue quelque peu des trois premiers dans ce sens qu'il se situe sur une spire d'abstraction supérieure. Au lieu de travailler à partir d'objets matériels, l'étudiant devra se référer à leurs reproductions imagées. En effet, les objets à visualiser seront représentés au départ selon leur perspective exacte. La perspective exacte illustre l'apparence d'un objet dans l'espace tel qu'il serait perçu à partir d'un point d'observation particulier. Dans le cas des

objets en mouvement, cette perspective représentera l'objet dans sa position de départ et illustrera schématiquement la trajectoire à suivre (voir plan de leçon #6).

Le palier #5 est similaire au précédent, sauf que la période de temps allouée pour l'examen de la perspective exacte de l'objet ira en décroissant (voir plan de leçon #7).

Le palier #6 se situe au niveau le plus élevé de la spirale développementale. L'étudiant se verra demandé de visualiser un objet à partir de la description verbale de ses caractéristiques et de ses déplacements dans l'espace. Le vocabulaire spatial jouera donc un rôle prépondérant dans la réalisation de ces exercices. Cette situation d'apprentissage est particulièrement fréquente dans le monde industriel. Un dessinateur-concepteur qui a à inventer un appareil quel qu'il soit, n'a pour référence que le cahier de charges. Ce document décrit littérairement les contraintes et les exigences de l'appareil à concevoir. Cette tâche sera d'autant plus facile à effectuer que le sujet y sera entraîné (voir plan de leçon #8).

Mode d'évaluation: L'évaluation des apprentissages se fera à deux niveaux. D'une part, les exercices réalisés seront corrigés en fonction de l'exactitude des formes représentées.

D'autre part, il y aura évaluation de l'attitude que l'étudiant adoptera face aux différents types de visualisations demandées, c'est-à-dire la façon dont il abordera les problèmes à solutionner.

Enfin, un test mesurant les habiletés spatiales sera prescrit à des intervalles réguliers de façon à suivre le développement individuel et à en évaluer la progression.

Modèle d'enseignement: Ce modèle d'enseignement ne nécessite aucun préalable avant sa mise en application. L'étudiant pourra acquérir en cours de route toutes les notions requises pour l'interprétation et la représentation des projections orthogonales élémentaires (i.e., plan, élévation, profils, illustrés à la figure 1 de l'introduction) d'un objet selon les conventions du dessin technique.

Le développement des habiletés spatiales étant à la base de tous les cours de dessin technique, le modèle pourra ainsi s'y insérer de façon à constituer une activité quotidienne et soutenue tout au long du programme de formation professionnelle.

Avant de se lancer dans l'application de ce modèle d'enseignement, l'enseignant devra avoir pleinement intégré les théories cognitives qui en constituent les fondements. Étant ainsi imprégné de ces principes, il pourra adapter ses enseignements en fonction d'opportunités ou de contraintes imprévues sans modifier ou court-circuiter les stratégies de développement.

Son rôle consistera alors à instaurer un climat de détente et de concentration essentiel à des activités de visualisation dirigées, qui favorisera les apprentissages prévus. Il agira comme personne ressource dont la pertinence des directives et des démonstrations sera

en accord constant avec l'état du développement individuel de l'étudiant, et de son cheminement particulier dans le programme d'études.

Il devra également veiller à ce que le matériel didactique relié aux différents exercices soit disponible en tout temps, et faire en sorte que l'environnement de travail soit suffisamment adéquat pour réaliser les démonstrations requise et les exercices correspondants.

CHAPITRE V

CONCLUSION

L'étude de la perception et du traitement de l'information a permis de prendre conscience des liens étroits reliant la connaissance à l'expérience, et de leurs impacts conséquents au niveau de l'imagerie mentale. Cette analyse a mené à l'identification de plusieurs processus cognitifs qui sont à la base des habiletés spatiales, et de certaines variables qui en influencent le développement.

La visualisation spatiale étant au coeur de toute réalisation en dessin technique, le développement de cette habileté synthèse représente donc l'objectif clé à poursuivre tout au long du processus de formation professionnelle des spécialistes de cette discipline.

L'élaboration du modèle d'enseignement présenté dans ce rapport de recherche est faite en fonction de cet objectif. Les stratégies d'enseignement ont été conçues selon une progressivité d'apprentissages qui respecte la nature adaptative de la personne. Leur mise en application pourra accroître de façon marquée, l'efficacité des processus cognitifs régissant les différentes étapes du cycle de matérialisation d'une pensée, allant de la génération de l'image mentale initiale jusqu'à sa représentation graphique finale.

Loin d'avoir la prétention d'être parfait, ce modèle constitue tou: de même un effort de synthèse important au niveau de certaines théories relatives aux domaines des habiletés spatiales applicables à l'enseignement du dessin technique. De nouvelles recherches pourront certainement l'enrichir et/ou le modifier au fil des découvertes ultérieures.

Une fois expérimenté, il pourra facilement s'intégrer aux programmes actuels de dessin technique aux niveaux secondaire, collégial, ou universitaire, moyennant quelques adaptations mineures des exercices pratiques en fonction de la clientèle visée. Son application sera également susceptible d'être étendue à tout domaine nécessitant la visualisation spatiale, comme dans le cas des mathématiques, de la chimie, de la décoration intérieure, des arts, jusqu'à des applications quotidiennes telles que la cuisine, la planification des tâches ménagères, les voyages, etc...

L'important est qu'il est maintenant impératif que les activités d'imagerie mentale et leurs correspondances au niveau de la représentation graphique soient considérées comme autre chose qu'une perte de temps et d'argent. La visualisation spatiale et la géométrie descriptive sont essentielles au dessin technique comme l'électricité l'est à la lampe, et il est temps que les programmes d'enseignement les reconnaissent comme des éléments majeurs de formation professionelle.

BIBLIOGRAPHIE

Anderson, J.R. Arguments concerning representations for mental imagery. Psychological Review, 1978, 85, 249-277.

Angers, P., et Bouchard, C. L'activité éducative, une théorie, une pratique: l'appropriation de soi, St-David (Yamaska):Editions CDES, 1982 a.

Angers, P., et Bouchard, C. L'activité éducative, une théorie, une pratique: le développement de la personne, St-David (Yamaska): Editions CDES, 1982 b.

Angers, P., et Bouchard, C. L'activité éducative, une théorie, une pratique: l'intuition dans l'apprentissage, St-David (Yamaska): Editions CDES, 1983.

Arustamov, K.A. Problems in descriptive geometry, Moscou: MIR Publishers, 1980. (Première édition, 1972).

Atwood, G. An experimental study of visual imagination and memory. Cognitive psychology, 1971, 2, 290-299.

Avignant, J., et Deriquehem, B. Géométrie descriptive, Paris: Bordas, 1981.

Battista, M. The interaction between two instructional treatments of algebraics structures and spatial-visualization ability. Journal of educational research, 1981, 74, 337-341.

Bisaillon,G. Géométrie descriptive, (notes de cours), Ste-Foy: Les Presses de l'université Laval, (année inconnue).

Bishop, J.E. Developing students' spatial ability. The science teacher, 1978, 45, 20-23.

Block, N. (Ed.). Imagery, Cambridge: MIT Press, 1981.

Block, N. Mental Pictures and cognitive science. The philosophical review, 1983, 92, 499-542.

Bloom, B.S. et al. Taxonomie des objectifs pédagogiques: domaine cognitif (Tome I). Montréal: Presses de l'Université du Québec, 1975. (Première édition en langue anglaise, 1956).

Boirel, R. L'invention. Paris: Presses Universitaires de France, 1972. (Première édition, 1955).

Borke, H. Piaget's mountains revisited: changes in the egocentric landscape. Developmental psychology, 1975, 11, 240-243.

Bry, A. Visualization: directing the movies of your mind, New York: Barnes and Noble books, 1979.

Burnett, S.A., et Lane, D. Effects of academic instruction on spatial visualisation. Intelligence, 1980, 4, 233-242.

Bussman, E. Le transfert dans l'intelligence pratique chez l'enfant, Neuchâtel: Delachaux et Niestlé, 1946.

Carroll, J.M., Thomas, J.C., et Malhotra, A. Presentation and representation in design problem-solving. British journal of psychology, 1980, 71, 143-153.

Chomsky, N. Réflexions sur le langage, New York: Flammarion, 1981. (Première édition en langue anglaise, 1975).

Conseil supérieur de l'éducation. L'activité éducative, Extrait du rapport annuel 69/70 du Conseil Supérieur de l'Éducation, Gouvernement du Québec, Québec, 1971.

Coudray, L. Lexique des sciences de l'éducation, Paris: Éditions E.S.F., 1973.

Cooper, L.A. Mental rotation of random two-dimensional shapes. Cognitive psychology, 1975, 7, 20-43.

Cox, M.V. Teaching perspective ability to five-year-olds. British journal of educational psychology, 1977, 47, 312-321.

Cox, M.V. Order or acquisition of perspective-taking skills. Developmental psychology, 1978, 14, 421-422.

De Lisi, R., Locker, R. et Youniss, J. Anticipatory imagery and spatial operations. Developmental psychology, 1976, 12, 298-316.

Denis, M. Les images mentales, Paris: Presses Universitaires de France, 1979.

Denis, M. Les aspects temporels de l'activité d'imagerie. Psychologie française, 1982a, 27, 134-145.

Denis, M. Représentation imagée et résolution de problèmes. Revue française de pédagogie, 1982b, 60, 19-29.

Dolle, J.M., Bataillard, C., et Guyon, J. La construction représentative de l'espace volumétrique chez l'enfant. Bulletin de psychologie, 1973-1974, 27, 578-589.

Dolle, J.M. Recherches sur la genèse de la représentation de la perspective chez l'enfant. Psychologie française, 1980, 25, 3-14.

Durio, H.F. Mental imagery and creativity. The journal of creative behavior, 1975, 9, 233-244.

En collaboration, Geometry and visualization, Palo Alto: Creative publication, 1977.

En collaboration, La Bible de Jérusalem, Paris: Desclée De Brouwer, 1975. (Première édition, 1973).

Egan, D.E. Testing based on understanding: implications from studies of spatial ability. Intelligence, 1979, 3, 1-15.

Farah, M.J. The neurological basis of mental imagery: a computational analysis. Cognition, 1984, 18, 245-272.

Finke, R.A. Levels of equivalence in imagery and perception. Psychological review, 1980, 87, 113-132.

Fishbein, H.D., Lewis, S. et Keiffer, K. Children understanding of spatial relations: coordination of perspectives. Developmental psychology, 1972, 7, 21-33.

Gagné, R.M., et White, R.T. Memory structures and learning outcomes. Review of educational research, 1978, 48, 187-222.

Gawain, S. Creative visualization, Toronto: Bantam Book, 1982 (Première édition, 1978).

George, Y., et Higele, P. Une expérience d'apprentissage des opérations projectives. Bulletin de psychologie, 1983, 37, 915-924.

Girard, R. Des choses cachées depuis la fondation du monde, Paris: Grasset et Fasquelle, 1978.

Gordon, V.O., et Ivanov, Y.B. Worked problems in descriptive geometry, Moscou: MIR publishers, 1979. (Première édition, 1977).

Gordon, V.O., et Sementsov-Ogievskii, M.A. A course in descriptive geometry, Moscou: MIR publishers, 1980. (Première édition 1977).

Gray, W. A comparison of piagetian theory and criterion-referenced measurement. Review of educational research, 1978, 48, 223-249.

Hall, E.T. La dimension cachée, Paris: Édition du Seuil, 1971. (Première édition en langue anglaise, 1966).

Hardwick, D.A., McIntyre, C.W., et Pick, H.L. The content and manipulation of cognitive maps in children and adults. Monographs of the society for research in child development, 1976, 41, (3, no 166).

Hawk, M.C. Schaum's outline of Theory and problems of descriptive geometry, New York: McGraw-Hill, 1962.

Hill, D.M., et Obenauf, P.A. Spatial visualization, problem solving, and cognitive development in Freshman teacher education students. Science education, 1979, 63, 665-670.

Hilbert, D. et Cohn-Vossen, S. Geometry and the imagination, New York: Chelsea, 1983. (Première édition, 1952).

Hotfam, D.D., et Richards, W.A. Parts of recognition. Cognition, 1984, 18, 65-96.

Hoffmann, J., Denis, M., et Ziessler, M. Figurative features and the construction of visual images. Vision research, 1983, 45, 39-54.

Hoy, E.A. Predicting another's visual perspective: a unitary skill? Developmental psychology, 1974, 10, 462.

Huttenlocher, J., et Presson, C.C. Mental rotation and the perspective problem. Cognitive psychology, 1973, 4, 277-299.

Huttenlocher, J. et Presson, C.C. The coding and transformation of spatial information. Cognitive psychology, 1979, 11, 375-394.

Jolicoeur, P., et Kosslyn, S.M. Coordinate systems in the long-term memory representation of three-dimentional shapes. Cognitive psychology, 1983, 15, 301-345.

Jolicoeur, P., Gluck, M.A., et Kosslyn, S.M. Pictures and names: making the connection. Cognitive psychology, 1984, 16, 243-275.

Joyce, B., et Weil, M. Models of teaching, Englewood Cliffs: Prentice-Hall 1980. (Première édition, 1972).

Just, M.A., et Carpenter, P.A. Eye fixations and cognitive processes. Cognitive psychology, 1976, 8, 441-480.

Kosslyn, S.M. Image and mind, Cambridge: Havard University Press, 1980.

Kosslyn, S.M. Ghosts in the mind's machine, New York: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

Kosslyn, S.M., et all. Individual differences in mental imagery ability: a computational analysis. Cognition, 1984, 18, 195-243.

Krishnamurti, J. De la connaissance de soi, Paris: Le courrier du livre, 1967.

Krishnamurti, J. La première et dernière liberté, Paris: Stock, 1975. (Première édition en langue anglaise, 1954).

Krishnamurti, J. Le journal de Krishnamurti, Paris: Buchet/Chastel, 1984.

Lamit, L.G. Descriptive geometry, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1983.

Legendre-Bergeron, M.F. Lexique de la psychologie du développement de l'enfant, Chicoutimi: Gaëtan Morin et associés Ltée, 1980.

Lunkenbein, D., Allard, H. et Goupille, C. Structuration intérieure d'objets géométriques dans la genèse d'idées spatiales. Revue des sciences de l'éduction, 1983, 9, 55-84.

Marr, D. Vision, San Francisco: W.H. Freeman and company, 1982.

McGee, M.G. Human spatial abilities: psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. Psycological bulletin, 1979, 86, 889-918.

McKim, R.H. Experiences in visual thinking, Monterey: Brooks/Cole, 1980.

Meunier-Tardif, G. Le principe de Lafontaine, Montréal: Éditions Libre expression, 1978.

Ministère de l'éducation, Cahier de l'enseignement collégial, annuaire #02, M.E.Q., Direction générale de l'enseignement collégial, Gouvernement du Québec, Québec. 1984.

Mitchell, C.E., et Burton, G.M. Developing spatial ability in young children. School science and mathematics, 1984, 84, 395-405.

Mitchelmore, M.C. Developmental stages in children's representation of regular solid figures.
The journal of genetic psychology, 1978, 133, 229-239.

Morin, E. et Piattelli-Palmarini, M. L'unité de l'homme: tome 2, Le cerveau humain, Paris: Éditions du Seuil, 1974.

Morissette, D. La mesure et l'évaluation en enseignement, Ste-Foy: Les Presses de l'université Laval, 1984.

Morvan, P. Images et ordinateurs: introduction à l'infographie interactive, Paris: Librairie Larousse, 1976.

Neisser, U. Cognitive psychology, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1967.

Neisser, U., et Kerr, N. Spatial and mnemonic properties of visual images. Cognitive psychology, 1973, 5, 138-150.

Neisser, U. Cognition and reality: principles and implications of cognitive phychology, San Francisco: Freeman and company, 1976.

Neisser, U. Anticipations, images, and introspection.
Cognition, 1978, 6, 169-174.

Oléron, G., et Baudonnière, P.M. Intégration mnémonique temporelle et spatiale de formes visuelles. Le travail humain, 1976, 39, 87-100.

Oléron, P. Les activités intellectuelles, Paris: Presses Universitaires de France, 1972. (Première édition, 1964).

Oppenheimer, L. Anticipatory imagery: its relationship with operational structures and length conservation. The journal of genetic psychology, 1976, 129, 235-244.

Olson, D.R., et Bialystock, E. Spatial cognition: the structure and development of mental representations of spatial relations, Hillsdale: Lawrence Erlbeaum associates, 1983.

Owens, A.C., et Richardson, J.T.E. Mental imagery and pictorial memory. British journal of psychology, 1979, 70, 497-505.

Paivio, A. Mental comparisons involving abstract attributes. Memory and cognition, 1978, 6, 199-208.

Paivio, A. et Begg. I. Imagery and associate overlap in short-term memory. Journal of experimental psychology, 1971, 89, 40-45.

Paivio, A. Perceptual comparisons through the mind's eye. Memory and cognition, 1975, 3, 635-647.

Paivio, A. Imagery and verbal processes, Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1979. (Première édition, 1971).

Pauzé, A. La vraie géométrie descriptive, Montréal: Les Presses du Cégep du Vieux-Montréal, 1972.

Perreault, M. Influence de la résolution de problèmes de rotation mentale impliquant l'usage d'objets tridimentionnels sur la performance à des épeuves de représentation figurative, Mémoire de maîtrise inédit, Université du Québec à Montréal, Montréal, 1980.

Peterson, M.J. The retension of imagined and seen *spatial matrices*. Cognitive psychology, 1975, 7, 181-193.

Piaget, J., et Inhelder, B. L'image mentale chez l'enfant, Paris: Presses Universitaires de France, 1966.

Piaget, J. Mes idées, Paris: Denoël/Gonthier, 1977. (Première édition, 1973).

Piaget, J. Psychologie et pédagogie, Paris: Denoël/Gonthier, 1969.

Piaget, J. Psychologie et épistémologie, Paris: Denoël/Gonthier, 1970.

Piaget, J. Problèmes de psychologie génétique, Paris: Denoël/Gonthier, 1972.

Piaget, J. Six études de psychologie, Paris: Denoël/Gonthier, 1964.

Pinker, S. Visual cognition: an introduction. Cognition, 1984, 18, 1-63.

Podgorny, P., et Shepard, R.N. Functional representations common to visual perception and imagination. Journal of experimental psychology: human perception and performance, 1978, 4, 21-35.

Podgorny, P., et Shepard, R.N. Distribution of visual attention over space. Journal of experimental psychology: human perception and performance, 1983, 9, 380-393.

Poltrock, S.E., et Brown, P. Individual differences in visual imagery and spatial ability. Intelligence, 1984, 8, 93-138.

Pylyshyn, Z.W. Computation and cognition: toward a foundation for cognitive science, Cambridge: MIT Press, 1985. (Première édition en 1984).

Pufall, P.B., et Shaw, R.E. Analysis of the development of children's spatial reference system. Cognitive psychology, 1973, 5, 151-175.

Rabardel, P. Influence des représentations préexistantes sur la lecture de dessin techniques. Le travail humain, 1982, 45, 251-266.

Rabardel, P. La lecture du dessin technique: approches expérimentales et hypothèses. Cahier de psychologie cognitive, 1982, 2, 421-444.

Salthouse, T.A. Simultaneous processing of verbal and spatial information. Memory and cognition, 1975, 3, 221-225.

Samuels, M.D., et Samuels, N. Seeing with the mind's eye: The history, techniques and uses of visualisation, New-York: Random House/Bookwoks book, 1975.

Santucci, H., et Pêcheux, M.G. Épreuve d'organisation grapho-perceptive, Neuchâtel: Delachaux et Niestlé, 1968.

Seddon, G.M., Eniaiyeju, P.A., et Jusoh, I. The visualization of rotation in diagrams of three-dimensional structures. American educational research journal, 1984, 21, 25-38.

Selltiz, C., Wrightsman, I.S., et Cook, S.W. Les méthodes de recherche en sciences sociales, Montréal: Les éditions HRW, 1977. (Première édition en langue anglaise, 1951).

Shantz, C.U., et Watson, J.S. Spatial abilities and spatial egocentrims in the young child. Child development, 1971, 42, 171-181.

Shepard, R.N., et Feng, C. A chronometric study of mental paper folding. Cognitive psychology, 1972, 3, 228-243.

Shepard, R.N. Form, formation, and transformation of international representations, dans R.L. Solso, Information Hilsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1975.

Shepard, R.N. The mental image. American psychologist, 1978, 33, 125-137.

Shepard, R.N. Ecological constraints on internal representation: resonant kinematics of perceiving, imagining, thinking, and dreaming. Psychological review, 1984, 91, 417-447.

Shepard, R.N., et Cooper, L.A. Mental images and their transormations, Cambridge: MIT Press, 1982.

Shepard, R.N., et Hurwitz, S. Upward direction, mental rotation, and discrimination of left and right turns maps. Cognition, 1984, 18, 161-193.

Sherman, J. Predicting mathematics performance in high school girls and boys. Journal of educational psychology, 1979, 71, 242-249.

Sherman, J. Mathematics, spatial visualisation, and related factors: Changes in girls and boys, grade 8-11. Journal of educational psychology, 1980, 4, 476-482.

Small, M.Y., et Morton, M.E. Spatial visualization training improves performance in organic chimistry. Journal of college science teaching, 1983, 13, 41-43.

Smith, M.M., et Kennedy, J.E. Orientation and spatial representation within multiple frames or reference. British journal of psychology, 1982, 73, 527-535.

Smith, W.S. et Litman, C.I. Early adolescent girls' and boys' learning of spatial visualization skill. Science education, 1979, 63, 671-676.

Smith, W.S., et Schroeder, C.K. Instruction of fourth grade girls and boys on spatial visualization. Science education, 1979, 63, 61-66.

Smith, W.S. et all. Early adolescent girls' and boys' learning of spatial visualization skill: replication. Science education, 1983, 67, 239-243.

Smothergill, D.W. et all. Spatial visualizing in children. Developmental psychology, 1975, 11, 4-13.

Strauss Marmor, G. Development of kenetic images: when does the child first represent movement in mental images? Cognitive psychology, 1975, 7, 548-559.

Strauss Marmor, G. Mental rotation and number conservation: are they related? Developmental psychology, 1977, 13, 320-325.

Teilhard de Chardin, P. Le phénomène humain, Paris: Éditions du Seuil, 1955.

Ullman, S. Visual routine. Cognition, 1984, 18, 97-161.

Vandenberg, S.G., et Kuse, A.R. Mental rotation, a group test of three-dimensional spatial visualization. Perceptual and motor skill, 1978, 47, 599-604.

Watzlawick, P., Helmick-Beavin, J., et Jackson, D.D. Une logique de la communication, Paris: Éditions du Seuil, 1972. (Première édition en langue anglaise, 1967).

Weill-Fassina, A. La lecture du dessin industriel: perspectives d'étude. Le travail humain, 1973, 36, 121-140.

Weill-Fassina, A. Représentation de données spatiales symbolisées: la lecture des intermédiaires graphiques en situation de travail et d'apprentissage professionnel. Psychologie française, 1982, 27, 214-227

ANNEXE 1

VALEURS PERSONNELLES

Considérant le rôle de l'enseignant comme en étant un d'éducateur, l'auteur de cette recherche tient à faire connaître les valeurs auxquelles il croit fermement. Il souhaite également que tous les utilisateurs du modèle d'enseignement les partagent, de manière à respecter l'esprit initial qui a inspiré et motivé cette recherche, et qui a permis de mobiliser les énergies nécessaires au soutien des nombreuses démarches et réalisations reliées à ce rapport de recherche.

Les principes fondamentaux à la base de cette éthique personnelle se regroupent tous sous l'égide la de loi universelle des causes et des effets; c'est-à-dire que toute action engendre une réaction. Ce principe s'applique à tout ce qui se manifeste dans ce monde, que ce soit aux niveaux physique, comportemental, intellectuel, ou spirituel.

Comme l'a démontré Girard (1978), la violence engendre la violence. Une violence entraîne des représailles et ces représailles devenues violence nécessitent des contre-représailles jusqu'à ce qu'il y ait un vainqueur. Cette victoire n'étant que circonstancielle, celui qui est sur le trône de la domination devient la cible des dominés et la bataille reprend de nouveau. Domination et violence ne font qu'un, et pour briser ce cyle infernal, il faut cesser de perpétuer l'application de la loi du talion.

Dans ce sens, Jésus-Christ est incontestablement un exemple parfait (mais pas unique) de l'incarnation du principe de la non-violence et de l'amour du prochain. Sa vie et ses enseignements, relatés dans la Bible, illustrent bien cette vision du monde selon laquelle la vie de chaque être humain est intimement liée à celles de ses pairs, que l'humanité constitue une seule et grande famille et que l'amour du prochain représente l'unique voie de solution qui en préserve l'unité et l'harmonie.

> " Mais je vous le dis, à vous qui m'écoutez: Aimez vos ennemis, faites du bien à ceux qui vous haïssent, priez pour ceux qui vous diffament... ce que vous voulez que les hommes fassent pour vous, faites pour eux pareillement... faites du bien sans rien attendre en retour... Montrez-vous compatissants, comme votre Père est compatissant. Ne jugez pas, et vous ne serez pas jugés; ne condamnez pas et vous ne serez pas condamnés; remettez et il vous sera remis. Donnez et l'on vous donnera..." (Luc, 6, 27 à 38)

C'est cet amour du prochain qui a motivé l'auteur à accepter de réaliser cette recherche qu'à la condition sine qua non que l'utilisation de ses travaux, par lui-même, ou par d'autres, ne soit reliée ni de près ni de loin, à des objectifs de domination et/ou de destruction.

Si on n'agit pas dès maintenant pour la paix et la liberté, demain il sera trop tard. Il n'y a pas de demie-mesure entre le bien et le mal, qui n'avance pas recule, et l'auteur a choisi d'avancer, d'avancer sur le chemin qui mène à la paix mondiale et à la coopération internationale.

Cette paix mondiale ne sera possible qu'à partir du moment où chacun d'entre nous aura graduellement transformé ses ambitions de pouvoir et de domination en une volonté d'équité et de respect de la Création sous toutes ses formes. La paix ou la guerre est de la responsabilité de chacun, à nous de faire le bon choix; le choix entre la vie ou la mort.

La paix et la guerre sont des antinomies qui ont alimenté les débats publiques depuis des millénaires, et qui sont toujours d'actualité.

> " La guerre est la projection spectaculaire et sanglante de notre vie quotidienne. Elle n'est que l'expression de notre état intérieur, un élargissement de nos actions habituelles. Encore qu'elle soit plus spectaculaire, plus sanglante, plus destructrice que nos activités individuelles, elle en est le résultat collectif. Par conséquent, vous et moi sommes responsables de la guerre, et que pouvons-nous faire pour l'arrêter? ... mais vous et moi, voyant la maison en feu, pouvons comprendre les causes de l'incendie, nous en éloigner et bâtir autre chose, avec des matériaux non inflammables, qui ne provoqueront pas d'autres guerres. C'est tout ce que nous pouvons faire. Vous et moi pouvons voir ce qui crée des guerres, et s'il nous importe de les arrêter, nous pouvons commencer à nous transformer nous-mêmes, qui en sommes les causes." (Krishnamurti, 1975, 188)

Cette recherche de paix et d'harmonie intérieure est un des objectifs prioritaires que doit tenter d'atteindre l'être humain; c'est une de ses responsabilités. Elle nécessite une adaptation constante à des standards de perfection de plus en plus élevés dans sa manière de vivre et de penser. L'élévation de sa conscience lui permettra de se rapprocher de plus près d'une vérité objective qu'il pourra par la suite communiquer aux autres; ceux-là même qui l'ont rendue possible. A partir des transformations individuelles s'effectuera une

transformation de masse. Une personne en harmonie avec elle-même irradie automatiquement sa paix intérieure sur son entourage. D'une harmonie collective naîtra la paix universelle.

Tels sont les choix et les positions adoptés par l'auteur de cette recherche et c'est pour cette raison qu'il a cru important de faire part de l'idéal qu'il poursuit et des moyens qu'il entend prendre pour y parvenir.

La visualisation fait partie de l'ensemble des pouvoirs créateurs de l'esprit. Elle a pour fonction de faciliter la matérialisation des pensées, de les précipiter dans le monde physique. Utilisée positivement, c'est-à-dire pour le bien réel de l'humanité, elle produira des résultats étonnants et inespérés, mais son utilistion négative n'engendrera que disharmonie et tension, tout en impliquant inévitablement la réparation des torts causés. Une personne avertie en vaut deux et ce qui est maintenant connu ne peut plus être ignoré. L'auteur se décharge ainsi de tout ce que pourrait entraîner une utilisation négative de ses travaux.

ANNEXE 2

LEÇONS TYPES

Tel que mentionné dans le chapitre IV, huit plans de leçons types sont présentés dans cette annexe, soit l'équivalant d'un par niveau de difficulté du modèle d'enseignement. Le plan de leçon # 3.9, servant d'exemple pour les sept autres, diffère quelque peu en ce sens qu'il contient des informations supplémentaires concernant les processus cognitifs sous-jacents au développement des habiletés spatiales de l'étudiant.

Ce complément permet de faire directement le parallèle entre le cadre conceptuel qui supporte le modèle et l'application pratique qui en résulte. L'ensemble de ces plans de leçons types donnera aussi au lecteur, un aperçu global de l'application des stratégies d'enseignement proposées.

Cependant, étant donné l'ampleur actuelle de ce rapport de recherche et des réalisations additionnelles qu'impliquerait la conception didactique de leçons entières, l'auteur s'est vu dans l'obligation de se limiter à la présentation des plans de leçons. Il est évident qu'il aurait préféré produire tout le matériel didactique nécessaire à chacun des paliers d'abstration du modèle, comprenant: le guide pédagogique qui s'y rattache; le manuel de l'enseignant; celui de l'étudiant; ainsi que les appareils de démonstrations et bandes vidéos requises.

l'enseignant; celui de l'étudiant; ainsi que les appareils de démonstrations et bandes vidéos requises.

Néanmoins, ces productions didactiques pourront faire l'objet de travaux subséquents; l'essentiel étant qu'elles s'appuieront dorénavant sur un cadre conceptuel scientifiquement rigoureux et adapté au particularités du dessin technique.

Leçon #: 1.1
Niveau: Vocabulaire de l'espace (formes)

Titre: Les formes cubiques

Objectif: Permettre à l'étudiant de faire le lien entre le concept "forme cubique" et des objets possédant cette caractéristique.

Matériel requis: - Cubes en bois ou en plastique de différentes grosseurs; - Objets familiers de forme cubique.

Disposition de la classe: Les objets sont disposés sur une grande table et les étudiants peuvent les manipuler à volonté.

ACTIVITÉS:

1- Manipulation des objets didactiques

2- Faire découvrir les caractéristiques désignant le concept de "forme cubique".

3- Compléter l'explication par des exemples familiers.

4- Exercices de représentations graphiques des objets didactiques manipulés. L'étudiant peut amener l'objet sur son pupitre pour prendre les dimensions requises.

ÉVALUATION:

- les travaux réalisés;
- test à la fin de la section du vocabulaire de l'espace.

Leçon #: 2.7
Niveau: Vocabulaire de l'espace (déplacements)

Titre: Les rotations excentriques

Objectif: Permettre à l'étudiant de faire le lien entre le concept "rotation excentrique" et ce type de déplacement dans l'espace tridimensionnel.

Matériel requis:
- Appareil de démonstration de rotations excentriques à rayons de giration variable;
- Exemples d'objets familiers composés d'éléments qui effectuent un tel type de mouvement ou leurs représentations imagées:

Disposition de la classe: Les objets sont disposés sur une grande table tout autour de l'appareil démonstrateur à rayon de giration variable et sont accessibles à tous les étudiants du groupe.

ACTIVITÉS:

1- Observation et manipulation (si possible) de tous les objets didactiques.

2- Faire découvrir les caractéristiques désignant le concept de "rotation excentrique".

3- Compléter l'explication par la présentation de films ou de bandes vidéos qui reproduisent de tels mouvements dans l'environnement familier et industriel.

4- Exercices de représentations graphiques des mouvements des objets didactiques manipulés. Pour chacun de ces exercices, l'étudiant dessinera l'objet en position de départ et sa trajectoire en lignes fantômes.

ÉVALUATION

- les travaux réalisés;
- test à la fin de la section du vocabulaire de l'espace.

Leçon #: 3.9
Niveau: Palier d'abstraction #1

Titre: Les filets intérieurs et extérieurs

Objectif: Rendre l'étudiant capable de se représenter mentalement les caractéristiques de forme des différents types de filets les plus couramment employés et de les reproduire graphiquement à partir de la manipulation concrète d'objets filetés.

Matériel requis:
- Pièces de démonstrations reproduisant à grande échelle les formes des divers types de filets;
- Pièces filetés de toutes sortes que l'on peut retrouver dans la vie quotidienne et industrielle;
- Films, bandes vidéos ou photos reproduisant les usages et les modes d'usinages de filets qui ne peuvent être présentés en ateliers.

Disposition de la classe: Tous les objets sont disposés sur une grande table et sont accessibles à tous les étudiants du groupe.

ACTIVITÉS:

1- Observation et manipulation (si possible) de tous les objets didactiques.

Processus: L'activité perceptive étant à la base de toute connaissance, l'observation et la manipulation d'objets didactiques permettent la perception directe d'informations visuelles et tactiles concernant des filets intérieurs et extérieurs. Cette situation se traduit par une représentation mentale plus large du concept général. Le fait de percevoir plusieurs objets possédant globalement les mêmes caractéristiques augmente ainsi la généralisation du concept.

2- Faire découvrir les caractéristiques de formes des différents types de filets et classer les objets présentés en catégories.

Processus: L'étudiant possédant alors une idée globale du concept et de ses applications élémentaires, cette activité lui permettra d'enrichir et de préciser ce concept. La découverte perceptive des caractéristiques propres à des catégories distinctes de filets (exemples: filets droits, filets "acme", filets en "V", etc.) autant intérieurs qu'extérieurs, permettra de perfectionner les schémas d'anticipations qui par la suite, rendront possible leur différentiation et identification respectives. Le développement de ces schémas anticipateurs aura, par le fait même, son équivalent au niveau de la précision des images mentales générées.

3- Démonstrations en atelier des différentes méthodes de fabrication utilisées pour l'usinage de filets internes et externes.

Processus: En percevant directement la transformation d'une pièce brute en une pièce filetée à partir des procédés d'usinages respectifs à la production de chaque type de filets, l'étudiant pourra dorénavant, mieux s'expliquer et mieux se représenter les caractéristiques qui différencient chaque catégorie. Cette situation aura un impact direct au moment où l'étudiant aura à dessiner un objet fileté, qui devra être usinable tel que représenté graphiquement. L'étudiant devra donc faire référence à son expérience antérieure. S'il a bien intégré les informations perçues lors des démonstrations, il sera alors en mesure de se visualiser en situation d'atelier et de déterminer les informations nécessaires à l'usineur pour la fabrication de la pièce en question.

4- Compléter les explications par la présentation de films, de bandes vidéos, ou de photos reproduisant les modes d'usinages et les usages industriels d'objets filetés non disponibles en classe ou en atelier.

Processus: Cette activité viendra compléter la précédente de façon à ce que l'expérience perceptive de l'étudiant soit la plus large et variée possible. Connaissant quelques procédés élémentaires de fabrication des filets, l'étudiant pourra rapidement faire le lien entre ce qu'il a déjà perçu et ce qu'il est en train d'observer. Ce complément visuel lui permettra également de prendre connaissance de la situation industrielle telle qu'elle est en réalité, c'est-à-dire très différente de celle vécue en classe.

5- Exercices de représentations graphiques des différents types de filets présentés. L'étudiant pourra amener à sa table de travail les objets qu'il doit dessiner.

Processus: Ces exercices constituent l'aboutissement des précédents, c'est-à-dire que l'étudiant sera appelé à se représenter mentalement une pièce filetée et à la dessiner par la suite. La proximité de cette pièce tangible lui permettra alors d'y référer au besoin et, de par cette activité perceptive complémentaire, d'améliorer la qualité de l'image mentale générée et sa représentation graphique correspondante. Compte tenu du niveau de développement de sa capacité de visualisation, il est fort probable qu'à cette étape-ci du modèle d'enseignement, l'étudiant se référera presqu'entièrement à l'objet matériel en face de lui. Mais dès que ses schémas d'anticipations se seront graduellement perfectionnés, il pourra se fier un peu plus à ses activités d'imagerie mentale.

ÉVALUATION

- les travaux réalisés;
- test à la fin de la section relative au palier #1.

Leçon #: 4.4
Niveau: Palier d'abstraction #2

Titre: Les cônes tronqués

Objectif: Rendre l'étudiant capable de se représenter mentalement les caractéristiques des formes de différents cônes tronqués à des emplacements particuliers et de les reproduire graphiquement à partir de leur observation à distance.

Matériel requis:
- Plateaux rotatifs;
- Pièces de démonstrations de cônes tronqués;
- Exemples de pièces de formes coniques tronquées que l'on peut retrouver dans la vie quotidienne et industrielle.

Disposition de la classe: Les objets sont disposés sur des plateaux individuels dispersés dans la classe et sont observables mais non palpables par les étudiants du groupe.

ACTIVITÉS:

1- Observation de tous les objets didactiques présentés sur les plateaux rotatifs.

2- Exercices de représentations graphiques des différentes pièces présentées. Pour ce faire, l'étudiant peut se référer à volonté à ces objets sans toutefois pouvoir les toucher.

ÉVALUATION

- les travaux réalisés;
- test à la fin de la section concernant le palier #2.

Leçon #: 5.9
Niveau: Palier d'abstraction #3

Titre: Moteur à combustion interne, 4 temps

Objectif: Rendre l'étudiant capable de se représenter mentalement les caractéristiques de formes et de positions des différents éléments en activité à l'intérieur d'un moteur à combustion interne à quatre temps, et d'en reproduire les correspondances graphiques à partir d'une observation à distance durant une période de temps limitée.

Matériel requis:
- Plateau rotatif;
- Maquette transparente d'un moteur à combustion interne qui reproduit fidèlement les quatre temps du cycle de combustion;
- Composantes de ce moteur en pièces détachées;
- Films et bandes vidéos reproduisant le fonctionnement interne de ce type de moteur.

Disposition de la classe: Tous les objets didactiques sont disposés sur une grande table en avant de la classe. La maquette transparente pivote sur elle-même à l'aide du plateau rotatif. Les pièces détachés du moteur sont disposées de façon stable sur la table, en avant du plateau rotatif. Tout ce montage doit être observable mais non palpable par les étudiants du groupe.

ACTIVITÉS:

1- Présentation de films et bandes vidéos reproduisant les mouvements des différentes pièces d'un moteur à combustion interne en pleine activité.

2- Observation de tous les objets didactiques présentés sur la table de démonstration. La scène sera observable pendant deux minutes avant que l'enseignant la recouvre d'une toile opaque.

3- Exercices de représentations graphiques des différentes pièces du moteur dans leur position particulière à des moments précis du cycle d'explosion.

ÉVALUATION

- les travaux réalisés;
- test à la fin de la section concernant le palier #3.

Leçon #: 6.5
Niveau: Palier d'abstraction #4

Titre: Cylindre pneumatique

Objectif: Rendre l'étudiant capable de se représenter mentalement les caractéristiques de formes et de positions des différents éléments composant un cylindre pneumatique, et de les reproduire graphiquement à partir de photographies les illustrant sous divers points d'observations.

Matériel requis:
- Photographies et/ou images illustrant de différents points d'observations un cylindre pneumatique en pièces détachées et tel qu'il apparaît une fois assemblé, ainsi que les positions relatives de chacune des pièces à divers instants du cycle extension-contraction;
- Films, bandes vidéos, et diapositives reproduisant le fonctionnement interne d'un cylindre pneumatique.

Disposition de la classe: Chaque élève a en sa possession, à son pupitre de travail, une copie de toutes les photos et/ou images présentées.

ACTIVITÉS:

1- Présentation des films, bandes vidéos, et diapositives reproduisant les mouvements des différentes pièces d'un cylindre pneumatique en pleine activité.

2- Exercices de représentations graphiques des différentes pièces d'un cylindre pneumatique dans leur position particulière à des moments précis du cycle d'extension-contraction. L'étudiant pourra référer à volonté aux photographies et/ou images qui lui ont été distribuées.

ÉVALUATION

- les travaux réalisés;
- test à la fin de la section concernant le palier #4.

Leçon #: 7.2
Niveau: Palier d'abstraction #5

Titre: Étau d'établi

Objectif: Rendre l'étudiant capable de se représenter mentalement les caractéristiques de formes et de positions des différents éléments composant un étau d'établi, et de les reproduire graphiquement à partir de l'observation à distance de photographies les illustrant sous divers points d'observation, pendant une période de temps limitée.

Matériel requis: - Photographies et/ou images illustrant de différents points d'observation un cylindre pneumatique en pièces détachées et tel qu'il apparaît une fois assemblé, ainsi les positions relatives de chacune de ces pièces en fonction de la capacité d'ouverture de l'étau.

Disposition de la classe: Les photographies et/ou images sont présentées en avant de la classe et doivent être visibles par tous les membres du groupe.

ACTIVITÉS:

1- Observation de toutes les reproductions présentées sur le tableau de démonstration. La scène sera observable pendant deux minutes avant que l'enseignant la recouvre d'une toile opaque.

2- Exercices de représentations graphiques des différentes pièces de l'étau d'établi, dans leur position particulière selon des ouvertures précises.

ÉVALUATION

- les travaux réalisés;
- test à la fin de la section concernant le palier #5.

Leçon #: 8.1
Niveau: Palier d'abstraction #6

Titre: Diamant

Objectif: Rendre l'étudiant capable de se représenter mentalement les caractéristiques de formes d'un diamant, et de les reproduire graphiquement à partir de leurs descriptions littéraires.

Matériel requis: - Texte descriptif

Disposition de la classe: Les étudiants sont à leur bureau individuel. L'enseignant doit se placer de façon à être entendu par tous les membres du groupe.

ACTIVITÉS:

1- A plusieurs reprises, l'enseignant lit à haute voix le texte descriptif des formes caractéristiques du diamant à visualiser. L'étudiant écoute et visualise mentalement les formes décrites. Il peut le faire les yeux ouverts ou fermés. A cette étape-ci, seul l'enseignant possède le texte descriptif.

2- Après avoir reçu une copie du texte descriptif, l'étudiant réalise les exercices de représentations graphiques des formes du diamant décrit et visualisé. Il peut se référer au texte à volonté.

ÉVALUATION

- les travaux réalisés;
- test à la fin de la section concernant le palier #6.